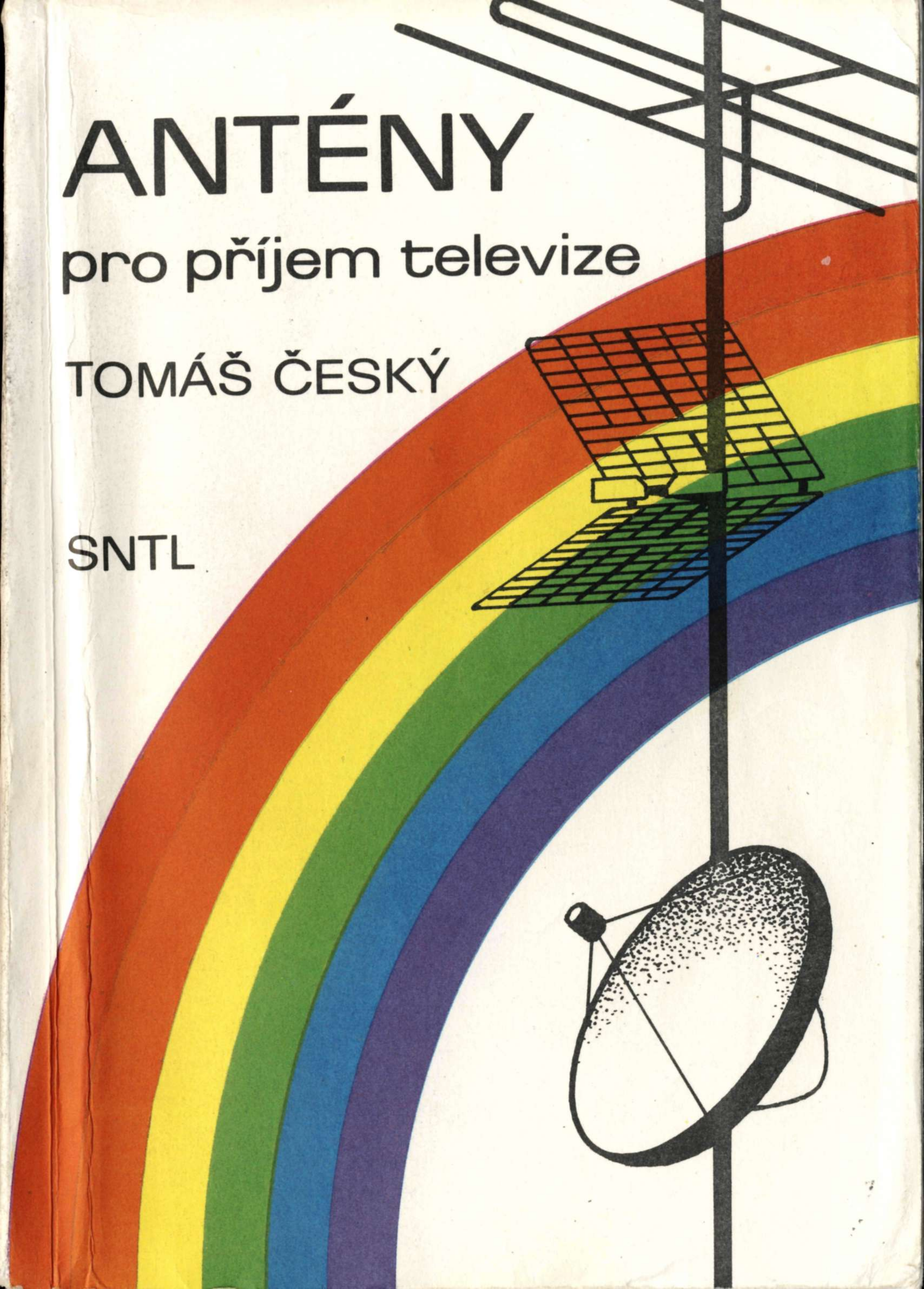


ANTÉNY

pro příjem televize

TOMÁŠ ČESKÝ

SNTL



Kniha obsahuje základy přenosu širokopásmového televizního signálu a jeho zpracování, vysvětluje způsoby šíření televizního signálu z pozemních vysílačů i z rozhlasových družic, především však konkrétně popisuje stavbu antén pro jednotlivá televizní pásma pro příjem z pozemních vysílačů i z rozhlasových družic.

Kniha je určena radioamatérům a širokému okruhu zájemců o televizní přijímače a uživatelům těchto přijímačů.

1

•

,

Lektor: Zdenek Šercl
Redakce elektrotechnické literatury
Hlavní redaktor Ing. Josef Řflia
Odpovědná redaktorka Ing. Marie Hauptvogelová

© Ing. Toftiáš Český, CSc, 1991

ISBN 80-03-00615-5

OBSAH

Úvod	9
I ZÁKLADNÍ POJMY	11
111. Elektromagnetické vlny	11
2. Základní rozdíl mezi distribucí televizního signálu pozemními vysílači a distribucí pomoci družic	15
3. Družicová televize	16
II. TVAR, OBSAH A ZPŮSOBY SÍŘENÍ TELEVIZNÍCH SIGNÁLU	19
4. Tvar signálu pozemních vysílačů	19
5. Tvar signálu družicové televize	20
6. Šíření elektromagnetických vln v I. až V. televizním pásmu	21
7. Příjem v I. a II. televizním pásmu	24
8. Příjem ve III. televizním pásmu	25
9. Příjem ve IV. a V. televizním pásmu	25
10. Podstata dálkového příjmu	26
11. Příjem v VI. televizním pásmu	29
12. Kvalita televizních signálu a šum	29
13. Výpočty v anténní technice	37
14. Decibely	37
III. TECHNICKÉ VLASTNOSTI JEDNOTLIVÝCH ČASTÍ ANTÉNNÍ TECHNIKY	41
15. Vysokofrekvenční vedení	41
16. Používané tvary vysokofrekvenčních vedení	42
17. Vlnová impedance	44
18. Impedanční přizpůsobení	45
19. Ztráty	47
20. Činitel zkrácení	49
21. Příklady průmyslové vyráběných napáječů	50
22. Volba napáječe	52
23. Princip přijímacích antén	54
24. Vlastnosti přijímacích antén	56
25. Vzájemné souvislosti mezi parametry antén	61
26. Anténa typu Yagi	62
27. Reflektorová anténa	67

28.	Anténa se zpětným zářením — anténa Backfire	70
29.	Antény se soufázové buzenými prvky.	72
30.	Antény Yagi se skupinovými reflektory.	74
31.	Smyčkové antény — antény Quagi.	75
32.	Logaritmicko-periodická anténa.	76
33.	Pokožkové antény.	78
34.	Impedanční přizpůsobení antény k napáječi.	79
35.	Přizpůsobení napáječe k přijímači.	83
36.	Potlačení rušivých signálu pásmovým filtrem, tvoreným úsekem vedení .	83
37.	Slučování signálu z více antén do jednoho napáječe. ..	84
38.	Anténní rady.	85
39.	Nastavení optimálních roztečí anténní rady.	87
40.	Tvarování smerového diagramu anténní rady.	89
41.	Vzájemné propojení antén v radě.	91
42.	Slučování různých signálu do jednoho napáječe.	94
43.	Rozdělení signálu před přijímačem.	106
44.	Rozbočení signálu.	108
IV.	KONSTRUKCE ANTÉN.	109
45.	Konstrukční materiál.	109
46.	Zmena profilu ladených prvku.	111
47.	Zmena průměru ladených prvku.	112
48.	Vliv pomocných prvku.	114
49.	Konstrukční detaily.	115
50.	Antény Yagi.	121
51.	Antény pro I. a II. televizní pásmo a pro pásma VKV-FM.	121
52.	Antény pro kanál č. 5 a pro pásmo VKV-FM II.	128
53.	Antény pro III. televizní pásmo.	133
54.	Kanálové antény pro III. televizní pásmo ..	133
55.	Pásmové antény pro III. televizní pásmo.	145
56.	Antény pro IV a V. televizní pásmo.	150
57.	Antény pro skupinu kanálu IV a V. televizního pásma	151
58.	Pásmové a dvoupásmové antény Yagi pro IV. a V. televizní pásmo . . .	161
59.	Ďalší širokopásmové antény.	169
V.	ANTÉNNÍ STOŽÁR A JEHO UCHYCENÍ.	187
60.	Průměr anténního stožáru.	187
61.	Umístění stožáru.	189
62.	Kotvení stožáru.	190
63.	Nosník pro vyložení antény mimo osu stožáru.	193
64.	Instalace napáječe.	194
65.	Dálkové smerování antén.	197

VI.	ANTÉNNÍ MENIČE A PŘEDZESILOVAČE	199
66.	Požadavky na anténní předzesilovače.	201
67.	Tranzistory pro zesilovače.	202
68.	Napájení zesilovačů.	202
69.	Jednoduchý širokopásmový zesilovač.	203
70.	Zesilovač s propustí se soustředěnou selektivitou.	206
71.	Integrované obvody.	211
72.	Průmyslové vyráběné zesilovače.	212
73.	Odladovač rušivých signálů.	214
VII.	DRUŽICOVÝ PŘÍJEM.	215
74.	Základní pojmy.	215
75.	Instalace antény.	216
76.	Způsoby montáže antény pro družicový příjem.	218
77.	Azimutální montáž	218
78.	Polární montáž	219
79.	Konstrukce azimutální montáže.	222
80.	Konstrukce polární montáže.	224
81.	Parabolická anténa	225
82.	Výroba parabolické antény.	227
83.	Konvertor s malým šumem.	230
84.	Přijímač.	232
85.	Rozvod signálu družicové televize.	233
86.	Perspektivy družicové televize.	234
VIII.	VÝŇATKY Z BEZPEČNOSTNÍCH PŘEDPISU	235
87.	Seznam norem ČSN přímo souvisejících s montáží a provozem antén . . .	236
88.	Zákon o telekomunikacích z 18. 6. 1964, část 48, č. 110, § 11, čl. 5 . . .	236
IX.	TABULKY A DIAGRAMY.	237
89.	Rozdělení rozhlasových a televizních pásem a jejich kmitočty.	237
90.	Odporové články tvaru T a n.	245
91.	Slučovače a výhybky.	247
92.	Násobky merných jednotek.	251
93.	Prevod poměru napětí na decibely.	252
94.	Prevod šumového napětí na míru šumu.	253
95.	Vlnové impedance symetrického vedení.	253
96.	Vstupní impedance symetrického vedení.	253
97.	Přípustné úrovně odrazených signálů.	253
98.	Napětí na svorkách půlvlnného dipólu v závislosti na intenzitě elektromag netického pole.	253
99.	Útlumy typických součástí anténních rozvodu.	255

100.	Parametry systému DRS a televizního přenosového kanálu..	255
101.	Určení orientace polární montáže.	257
102.	Určení azimutu a elevace geostacionární družice.	260
103.	Azimuty některých družic.	261
104.	Určení poloměru f/D parabolické antény.	263
105.	Šířka diagramu a zisk parabolické antény.	263

/

ÚVOD

Přijímací televizní anténa je specifickou součástí přenosového řetězce, začínajícího ve studiu a končícího televizním přijímačem. Samotná anténa má poměrně jednoduchou mechanickou konstrukci, její funkce však rozhodující měrou závisí na podmínkách, v nichž je instalována. Správná funkce antény hraje v příjmu televizního signálu rozhodující roli. Objektívni změření elektrických vlastností antény je komplikované a vymyká se možnostem běžného uživatele. Podmínkou správné instalace antény, zejména při amatérské stavbě, je dodržení alespoň základních zásad anténní techniky.

Situace, které při stavbě a instalaci přijímací antény mohou nastat, jsou rozmanité a není možné je zde popisovat všechny. V této knize se proto jednotlivé problémy probírají i s nástinem jejich fyzikálního pozadí, což by mělo čtenáři umožnit jednotlivé závěry přizpůsobit jeho konkrétním podmínkám.

Vysílání družicové televize se stalo realitou a přineslo s sebou radu nových problémů v oblasti přijímacích antén. Část knihy je proto věnována také otázkám stavby antén pro příjem družicové televize v pásmu 12 GHz.

Součástí knihy jsou i detailní návody na amatérskou stavbu antén. Při jejich aplikaci je vhodné požadavky návodu konfrontovat se zásadami uvedenými v prvních částech knihy.

I. ZÁKLADNÍ POJMY

1. ELEKTROMAGNETICKÉ VLNY

Televizní signál je od vysílače k přijímači přenášen pomocí energie elektromagnetického pole. Elektromagnetické pole je charakterizováno dvěma základními veličinami, intenzitou elektrického pole a intenzitou magnetického pole. Jejich prostorové uspořádání a jejich časový průběh jsou svázány jednoznačnými vztahy, které podle dnešního stavu vědomostí vystihují fyzikální podstatu elektromagnetického pole.

Změna pole v některém bodě prostoru vyvolá vzruch, který se z tohoto bodu šíří konstantní rychlostí — rychlostí světla. Probíhají-li změny pole periodicky, je tento bod zdrojem kulové vlny. Energie, již jsou změny vyvolány, se šíří všemi směry rychlostí světla. Mezi kmitočtem zdroje a délkou elektromagnetické vlny platí vztah

$$f = \frac{c}{\lambda} \quad \text{a} \quad \lambda = \frac{c}{f}$$

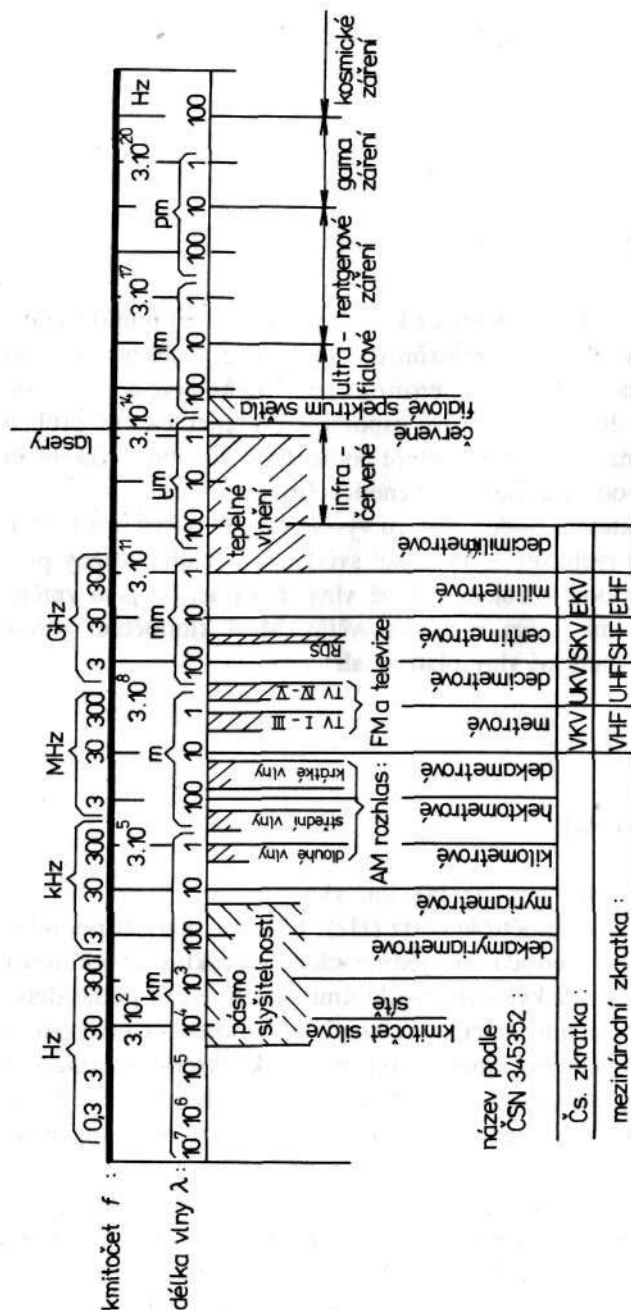
kde f je kmitočet (kHz),

λ (m),

c rychlost světla ($c = 300\,000$ km/s).

Základní jednotkou kmitočtu je hertz (Hz). 1 Hz je kmitočet periodického jevu, jehož jedna periódá trvá jednu sekundu (cyklus za sekundu). Rozdělení elektromagnetických vln podle kmitočtu a tedy i podle délky je na obr. 1. Pro přenos informací lze principiálně použít vlny jakéhokoli kmitočtu. Nejnižší použitelný kmitočet pro přenos konkrétní informace je dán množstvím informace, kterou je třeba přenést za jednotku času. Shora je použitelné kmitočtové pásmo omezeno pouze technologickými možnostmi.

Aby se zamezilo vzájemnému rušení mezi jednotlivými uživateli kmitočtu, je nutné jejich provoz vhodným způsobem koordinovat. Kvůli jednotnosti byla jednotlivým druhům vysílání vymezena kmitočtová pásma. Tato pásma se dále dělí na kanály. Kanály jsou uživatelům přidělová-



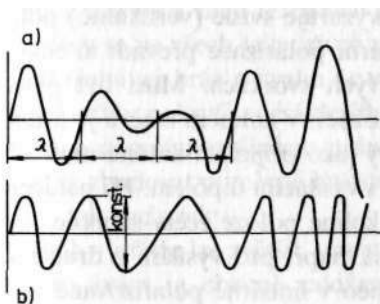
Obr. 1. Rozdělení kmitočtového spektra

ny tak, aby při zaručení nerušeného provozu byly kmitočty optimálně využity.

Pro televizní vysílání byly vymezeny kmitočty 50 MHz až 960 MHz pro pozemní vysílače a kmitočty 11,7 GHz až 12,5 GHz pro vysílání z družic v oblasti Evropy. Počítá se s použitím kmitočtových pásem 41 GHz až 43 GHz a 84 GHz až 86 GHz. Pridelené kmitočty jsou uvedeny v tabulce v kapitole VIII.

Přenášenou informaci je třeba zahrnout do vysílané elektromagnetické vlny a na strane přijímače ji zpětně z této vlny získat. Vtisknutí informace se nazývá modulace a na strane přijímače probíhá demodulace.

Způsobů, jimiž je nosný kmitočet modulován, existuje mnoho. Pro televizní vysílání pozemními vysílači se používá amplitudová modulace. Při amplitudové modulaci se amplituda nosné vlny mění v souladu s průběhem modulačního signálu a kmitočet nosné vlny je konstantní. Při kmitočtové modulaci je naopak amplituda nosné vlny konstantní a modulační signál způsobuje změnu kmitočtu nosné vlny (obr. 2).



Obr. 2. Modulace

a) amplitudová – vlnová délka zůstává konstantní, b) kmitočtová – amplituda je konstantní

Čím větší je objem přenesených informací, tím větší šířku pásma modulovaný signál zabírá. Vliv na absolutní šířku pásma má i způsob modulace; kmitočtová modulace vyžaduje při stejném modulačním signálu několikanásobně širší pásmo než amplitudová modulace. Podrobněji je o modulačních metodách pojednáno v kapitole II.

Jak jsme již uvedli, ve volném prostoru vyžaruje zdroj elektromagnetických vln svou energii ve formě kulových vln. To znamená, že energie vyzařovaná zdrojem v jednom časovém okamžiku je po určité době rozprostřena na kulové ploše s poloměrem rovným vzdálenosti, jakou urazí světlo za tuto dobu. Plocha koule je úměrná druhé mocnině poloměru, takže plošná hustota energie vyžarované bodovým zdroje ubývá s druhou

mocninou vzdálenosti. Není-li energie ze zdroje vyžarovaná všemi směry stejné, zmení se pouze „účinnost“ přenosu energie zdroje daným směrem; charakter ubývání energie pole zůstává stejný.

V praxi je vždy vzdálenost přijímače od zdroje mnohonásobně větší než příčný rozměr vlnoplochy ovlivňující příjem. V místě příjmu je tedy možné tuto vlnoplochu pokládat za rovinnou, hovoríme o rovinné vlně. Úkolem antény je převést energii rovinné vlny nesoucí signál na napětí na svorkách antény.

Důležitou vlastností rovinné elektromagnetické vlny je její polarizace, v níž je zakódován způsob, jakým byla do volného prostoru vlna vyžávena. Pro lepší představu připomínáme, že jednotkou intenzity elektrického pole je volt na metr (V/m). Intenzitu 1 V/m má elektrické pole, v němž lze mezi body vzdálenými jeden metr naměřit elektrické napětí jeden volt. Je-li možné v elektromagnetické vlně změřit toto napětí (samozřejmě střídavé, s daným kmitočtem) pouze v jednom směru, jde o vlnu lineárně polarizovanou. Takovou vlnu vyžaruje například dipól. Je-li vysílací dipól umístěn rovnoběžně se zemí, je vysílaná vlna polarizována vodorovně (horizontálně). Svisle orientovaný dipól vyžaruje svisle (vertikálně) polarizovanou vlnu. Anténa pro příjem lineární polarizace převádí intenzitu elektrického pole vlny na napětí na svých svorkách. Musí být proto orientovaná souhlasně s přijímanou polarizací; v kolmém směru je intenzita pole nulová. Například dipól použitý jako přijímací anténa musí být rovnoběžný s rovinou polarizace a tedy i s vysílacím dipólem. Při natáčení dipólu klesá napětí na svorkách, až při kolmé poloze zcela zanikne.

Polarizace může být i jiná než lineární, např. pro vysílání z družic se často používá polarizace kruhová. Zatímco v lineárně polarizované vlně se periodicky mění intenzita elektrického pole v jednom směru, v kruhově polarizované vlně má intenzita elektrického pole konstantní velikost, ale její směr se otáčí s osou ve směru šíření elektromagnetické vlny úměrně kmitočtu zdroje. Při příjmu kruhově polarizované vlny anténou pro lineární polarizaci je na svorkách antény napětí poloviční než při použití antény pro příjem kruhové polarizace. To je způsobeno tím, že anténa pro horizontální polarizaci reaguje jenom na změnu pole ve vodorovném směru, zatímco kruhově polarizována vlna mění intenzitu pole i ve směru svislém.

Podle směru otáčení intenzity pole se rozlišuje kruhová polarizace pravotočivá a levotočivá. Analogicky s lineární polarizací je levotočivě polarizována anténa necitlivá k pravotočivě polarizovaným vlnám a naopak.

2. ZÁKLADNÍ ROZDÍL MEZI DISTRIBUCÍ TELEVIZNÍHO SIGNÁLU POZEMNÍMI VYSÍLAČI A DISTRIBUCÍ POMOČÍ DRUŽÍC

V reálném prostředí se elektromagnetické vlny pochopitelně šíří komplikovaněji než v idealizovanom příkladu bodového zdroje ve volném prostoru. Různé terénní překážky způsobují odraz a lom vlny a za těmito překážkami vzniká stín. Na šíření rádiových vln má vliv také zemská atmosféra; vlny se atmosférou tlumí, ohýbají se a mohou se odrážet od některých rozhraní atmosféry. Vliv atmosféry na šíření rádiových vln závisí na vlnové délce. V zásadě lze říci, že vlny větších vlnových délek se na překážkách ohýbají snadněji a mohou proniknout i do oblasti stínu, kratší vlny „vrhají ostřejší stín“ a spolehlivě se šíří jen na krátkou vzdálenost za oblast přímé viditelnosti vysílače.

Velmi krátce vlny používané pro televizní vysílání jsou z hlediska šíření natolik krátce, že se šíří téměř jen v oblasti přímé viditelnosti. Přesto je rozdíl mezi šířením vln I. televizního pásma a IV nebo V. televizního pásma z hlediska vlivu terénních překážek. Odraz od jednotlivých vrstev atmosféry se ve všech televizních pásmech uplatňuje jen velmi sporadicky a není třeba jej brát v úvahu (s výjimkou dálkového příjmu).

Kvalitního pokrytí rozsáhlejšího území TV signálu nelze dosáhnout jedním pozemním vysílačem právě pro omezený dosah vln pásma VKV. Je nutné zbudovat poměrně hustou síť vysílačů, což je náročné jak ekonomicky, tak technicky.

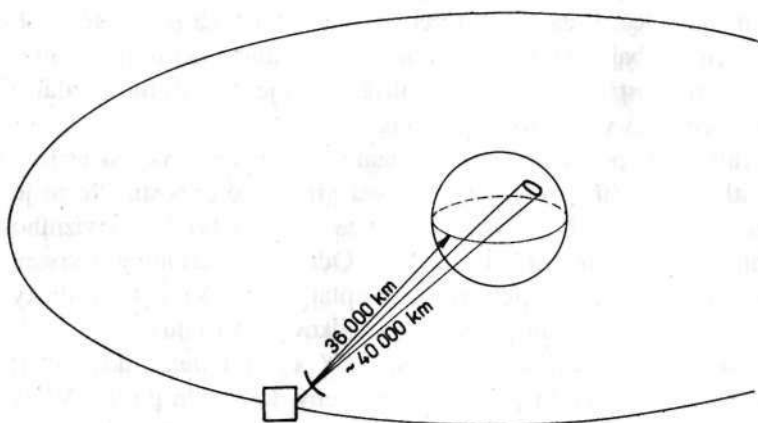
Dosah vysílače lze zvětšit, umístí-li se ve výšce nad zemským povrchem. Na této úvaze je obecně založen princip družicového vysílání. Vysílač umístěný na družici je zcela „viditelný“ z celého obsluhovaného území, takže požadované pokrytí lze zajistit jedním vysílačem.

Pokrytí území prostřednictvím družicové televize má v porovnání s pokrytím klasickou sítí pozemních vysílačů mnoho výhod, ale z hlediska současné technologie je nepoměrně složitější.

Z družice na geostacionární dráze lze ozářit rozsáhlé území signálem, který je bezvadný, není znehodnocen odrazy a interferencemi. Cena, kterou se za to platí, je náročnost příjmu slabých signálů. Technicky by sice bylo možné do značné míry zvýšit výkon vysílače na družici, ale z rady důvodů se touto cestou vývoj nebude ubírat. Zvyšování vyžarování výkonu by napr. vedlo ke zvýšení úrovně rušivých signálů v celosvětovém měřítku, což je nežádoucí.

3. DRUŽICOVÁ TELEVIZE

Družicová televize využívá družic umístěných na geostacionární dráze. To je kruhová dráha v rovině rovníku s poloměrem 42 165 km; družice se tedy nachází nad zemským povrchem ve výšce asi 36 000 km (obr. 3). Obežná doba tělesa na takové dráze je právě jeden den. To znamená, že obíhá-li družice správným směrem, jeví se vzhledem k otáčející se Zemi nehybná. Z velké vzdálenosti družice od přijímače vyplývá, že přijímač musí být schopen zpracovat extrémně slabé signály.



Obr. 3. Družice na geostacionární dráze; svazek pokrývající obsluhované území

Radiokomunikační rád rozeznává dva druhy vysílání z družic, družicovou pevnou službu (DPS) a družicovou rozhlasovou službu (DRS). Družicová pevná služba slouží ke spojení pozemních stanic s předem známou polohou, je tedy jakousi obdobou radioreléové site. Družicová služba slouží stejně jako rozhlasové a televizní vysílače k přímému šíření signálu k posluchačům. Přívlastek rozhlasová vznikl překladem anglického termínu broadcasting, a zahrnuje tedy v sobě vysílání nejen rozhlasu, ale i televize. Pro evropskou oblast jsou pro vysílání družic v pásmu 12 GHz vyhrazeny kmitočty 10,7 GHz až 11,7 GHz pro DPS a 11,7 až 12,5 GHz pro DRS.

Z administrativního hlediska je mezi vysíláním DRS a DPS podstatný rozdíl. Družicová pevná služba má povahu profesionálního provozu; televizní signál se zde přenáší ke smluvně vázaným uživatelům, kteří jej dále

distribuuji, zpravidla televizním kábelovým rozvodem. Výkon vysílaný z družice může být tedy menší, na přijímací straně lze vyžadovat nákladné kvalitní zařízení. Požadavky na vysílání družicové rozhlasové služby naopak spočívají v nutnosti umožnit příjem pokud možno jednoduchým a levným zařízením. Vyšší vyzařovací výkon, předpokladaný u DRS, vyvolal nutnost omezit přezářování za hranice obsluhovaných území. Zavedení tvarovaných anténních svazků na družice samozřejmě komplikuje technickou i administrativní realizaci DRS.

V roce 1977 se v Ženevě na půdě Mezinárodní telekomunikační unie konala konference WARC 77, která stanovila závažný kmitočtový plán pro vysílání DRS v pásmu 11,7 až 12,5 GHz pro Evropu a další podmínky pro provoz DRS. Vývoj se ale ubíral poněkud jiným směrem, než konference předpokládala. V době jejího konání byl oprávněný předpoklad, že zařízení pro příjem DPS bude i nadále mnohonásobě dražší než přijímač předpokladaný pro DRS a že dominantní formou družicové televize se stane DRS. Neúspěch při vypuštění družice OTS-1 a vleklé problémy projektu TV-SAT vedly v radě zemí k bouřlivému rozvoji kábelových rozvodů a k vývoji v oblasti přijímačů DPS. Cena přijímacího zařízení postupně klesla na úroveň ceny kvalitního televizoru a individuální příjem vysílání DPS se rozmohl v nepředpokladaném měřítku. Tím se DRS dostala do nevýhodného postavení. Z komerčního hlediska by mohla jen velmi obtížně konkurovat vysílání DPS, omezení pro DRS, daná konferencí WARC 77, jsou dnes příliš svazující.

Situace v družicové televizi není na konci osmdesátých let ustálená a odhadovat směr dalšího vývoje lze jen velmi obtížně. Jednoznačný úspěch vysílání družicové televize prostřednictvím DPS totiž vede i k částečné konzervaci dalšího vývoje. To se projevuje například v situaci se zaváděním nové normy televizního vysílání. Prenosové metody typu MAC odstraňují nevýhody frekvenčně multiplexovaných systému SECAM, NTSC a PAL a jsou jednoznačně perspektivní. Zahájení vysílání DRS je jedinečnou příležitostí k zavedení nové prenosové normy; náklady na normový adaptér potřebný pro využití stávajícího televizoru by se zahrnujely do ceny družicového přijímače. Koordinované zavádění nových norem v rámci vysílání DPS je ale znesnadňováno komerční povahou vysílání DPS.

Na formy družicového vysílání v devadesátých letech bude mít pravděpodobně vliv i zavádění televize s velkým rozlišením — HDTV. Nároky na šířku přenášeného pásma jsou zde enormní, vysílání HDTV se předpokládá výhradně z družic, pravděpodobně v pásmu 20 GHz.

Vzájemné porovnání pokrytí obsluhovaného území pozemní sítí vysílačů a vysílání družicové televize lze shrnout takto:

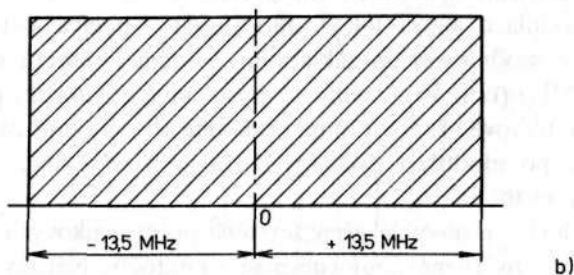
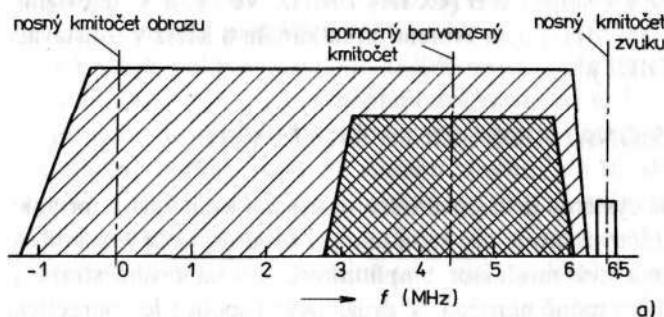
Distribuce signálu pozemní sítí je nepoměrné jednodušší. Bez velkých obtíží lze pokrýt velkou část území dosti kvalitním signalem, s malými nároky na zařízení na straně přijímače. Zákonitě se však vyskytnou části území s nekvalitním signalem a je velice obtížné tuto situaci vylepšit. Kapacita pozemních sítí je omezená a ve většině zemí je téměř vyčerpaná.

Vysílání televize z družic pokryje rozsáhlá území signalem stejnoměrné kvality, která je větší, než jaké lze dosáhnout pozemní sítí vysílačů. Příjem tohoto signálu ovšem vyžaduje mnohem komplikovanější zařízení. Kapacita družicového vysílání je nepoměrně větší než kapacita pozemní sítě, provoz družicového vysílání vychází z ekonomického hlediska příznivěji než provoz pozemní sítě.

II. TVAR, OBSAH A ZPŮSOBY ŠÍŘENÍ TELEVIZNÍCH SIGNÁLŮ

4. TVAR SIGNÁLU POZEMNÍCH VYSÍLAČŮ

Přenášený obraz je ve snímacím zařízení přeměněn na elektrické napětí, jehož časový průběh ho jednoznačně popisuje. Čím je obraz rozmanitější, tím vyšší kmitočet elektrického napětí je třeba přenést. V používaném systému rozkladu černobílého obrazu je nejvyšší kmitočet až 6 MHz. Při amplitúdové modulaci je nutné, aby nosný kmitočet byl alespoň osmkrát vyšší než nejvyšší modulační kmitočet, tedy asi 48 MHz.



Obr. 4. Kmitočtové spektrum televizního signálu

- a) amplitúdová modulace s částečně potlačeným postranním pásmem (VSB – AM),
b) kmitočtová modulace (použito v družicové televizi)

Při amplitudové modulaci vzniknou kolem nosného kmitočtu dvě postranní pásma s celkovou šířkou rovnou dvojnásobku maximálního modulačního kmitočtu, tedy 12 MHz. Aby vysílaný signál nezabíral příliš velký rozsah, tj. aby bylo možné zvětšit počet možných kanálů, potlačuje se ve vysílači dolní postranní pásmo na 1,25 MHz. Vzhledem k symetrii postranních pásem se tímto opatřením nezmenší informační obsah signálu.

K informaci o černobílém obrazu je třeba ještě přidat informaci o zvukovém doprovodu a o barvě obrazu. Zvuk se na nosný kmitočet moduluje kmitočtovou modulací se středním kmitočtem vzdáleným od nosného kmitočtu obrazu o 6,5 MHz v soustavách OIRT a o 5,5 MHz v soustavách CCIR. Obdobně je vložena barevná informace, buď kmitočtovou modulací (SECAM), nebo amplitudovou modulací (PAL). Výsledný tvar spektra je na obr. 4a.

Potřebnou šířkou pásma je dán odstup jednotlivých kanálů. V I. až III. televizním pásmu (47 až 230 MHz) byla zvolena šířka kanálu v soustavě D (OIRT) 8 MHz a v soustavě B (CCIR) 7 MHz. Ve IV a V. televizním pásmu (470 až 1 000 MHz) byla zvolena šířka kanálu 8 MHz v soustavách G i K (CCIR i OIRT).

5. TVAR SIGNÁLU DRUŽICOVÉ TELEVIZE

Současné systémy družicové televize vysílají kmitočtově modulovaný signál. Kmitočtová modulace vyžaduje při přenosu větší vysokofrekvenční šířku pásma než modulace amplitudová, ale na druhé straně je energeticky mnohem méně náročná. V družicových spojích je energetické hledisko prvořadé, požadavek větší šířky pásma vysokofrekvenčního signálu nečiní v oblasti centimetrových vln zásadní obtíže.

Kmitočtová modulace směsi televizního signálu spočívá v tom, že obrazový signál je modulován na základním nosném kmitočtu s šířkou pásma kolem 30 MHz (obr. 4b). Zvukový doprovod je analogicky pozemním systémům kmitočtově modulován na pomocné nosné uvnitř základního signálu, takže po modulaci základní nosné je vlastně dvojnásobně kmitočtově modulován.

V družicové televizi je obvyklé přenášet větší počet zvukových doprovodů modulovaných na různé pomocné nosné kmitočty. Nároky na výslednou vysokofrekvenční šířku pásma se redukuje kompresí při modulaci sekundárních zvukových signálů. Řada signálů DPS je v současné době vybavována i přenosem digitalizovaného zvukového signálu.

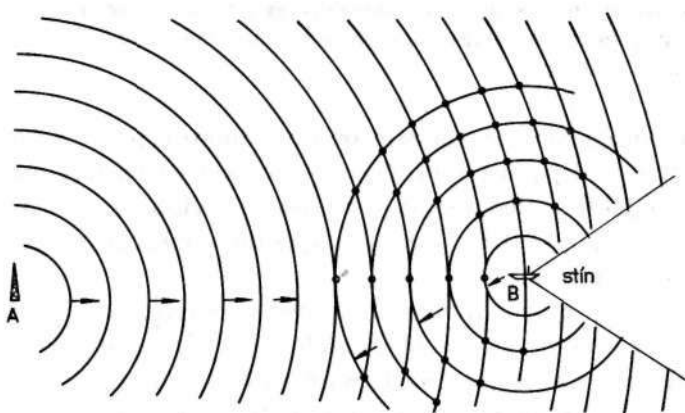
V projektovaných systémech družicové televize se nepředpokládá odklon od kmitočtové modulace, nicméně tvar signálu v základním pásmu je předmětem intenzivního vývoje. Předpokládaný nástup systému televize s vysokým rozlišením (HDTV) zcela jistě ovlivní tvar družicového signálu.

6. ŠÍŘENÍ ELEKTROMAGNETICKÝCH VLN V I. AŽ V. TELEVIZNÍM PÁSMU

Jak již bylo řečeno v minulé kapitole, velmi krátké vlny se šíří podobně jako světlo přímou vlnou, a proto se televizní vysílače stavějí vždy na vyvýšených místech, aby byla zajištěna co největší přímá viditelnost.

Přímá vlna se v terénu odrazí od každé překážky, zejména od vodivých předmětů. Tím vznikají ostré „stíny“, tedy prostory, které mají velmi špatný příjem, i když jsou v blízkosti vysílače. Čím vyšší je kmitočet, tím je „stín“ vrhaný překážkou ostřejší.

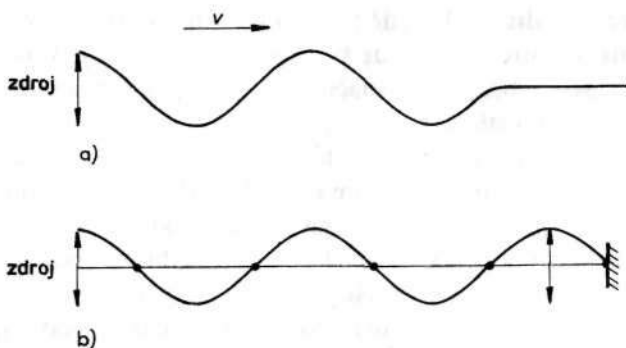
Výsledné pokrytí území je ovlivňováno terénními překážkami nejen vytvářením „stínů“, ale i vlněním odraženým od těchto překážek. Skládání přímého a odraženého pole lze znázornit na příkladu loďky zakotvené na hladině rybníka (obr. 5). Kámen vhozený do středu rybníka (bod A) vyvolá vlnění hladiny, které postupuje všemi směry a lze ho přirovnat k elektromagnetickému vlnění. Když vlnění dospěje k překážce (bod B), odrazí se od ní a šíří se radiálně od překážky. Vlnění odražené v bodu B se



Obr. 5. Vznik stojatého vlnění a stínu dopadem na překážku

v každém bodu hladiny sčítá s vlněním šířícím se z bodu A. Výsledkem je stojaté vlnění. Vytvořila se místa, kde jsou pohyby hladiny maximální, a místa, kde se hladina nepohybuje nebo se pohybuje minimálně. Tato místa mají na hladině nehybnou pozici a vyskytují se v roztečích souvisejících s vlnovou délkou.

Dalším příkladem, na němž je názorně vidět podstata stojatých vln, je kmitání struny. Na obr. 6a je nekonečná struna, která je zdrojem rozkmitávána. Po struně postupuje vlnění rychlostí v (pro názornost je zakreslena situace krátce po „zapnutí“ zdroje). Je-li struna ve vhodné vzdálenosti pevně uchycena („překážka“), tak jako na obr. 6b, vznikne stojaté vlnění, polohy uzlů a kmiten se nemění. Chceme-li z kmitající struny odvést energii, je nutné ji odebírat mimo uzel kmitání, nejlépe v kmitně.



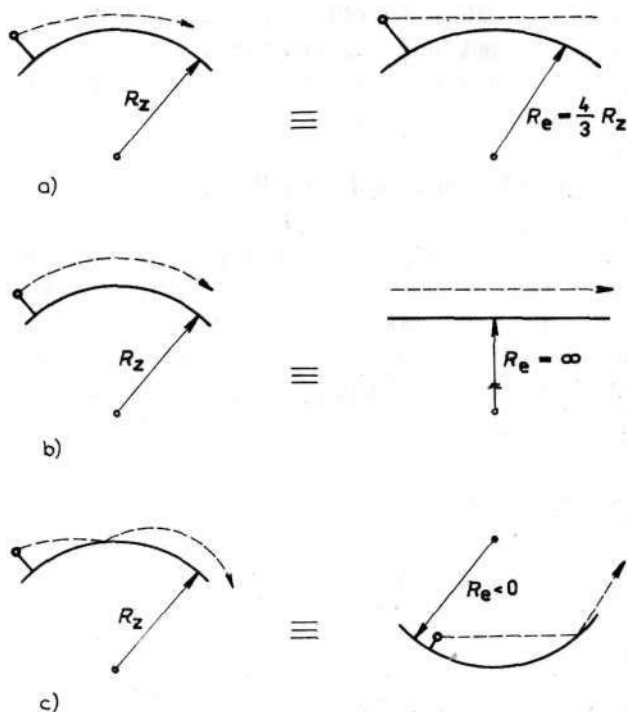
Obr. 6. Kmitající struna

a) vlnění postupuje po struně rychlostí v , b) postupující vlna spolu s odraženou vlnou vytvoří stojaté vlnění; vzniknou pevná místa nulového rozkmitu (uzly) a místa maximálního rozkmitu (kmitny)

Vysílání elektromagnetických vln není ovšem jednorozměrný děj, ani rovinný děj, ale je to děj prostorový. Navíc je ve skutečnosti více míst odrazu než jedno, takže výsledné pole je v prostoru rozloženo nerovnoměrně. Maxima a minima se střídají ve směru vodorovném i svislém a jsou od sebe vzdálena i méně než 1 m.

Ze zkušenosti víme, že dobrý příjem je možný i v místech, odkud není vidět vysílač, a lze přitom vyloučit ohyb i odraz vln překážkami. Je to způsobeno lomem vln v atmosféře. Rychlost šíření vln je v atmosféře jiná než ve vakuu a závisí na složení atmosféry a zejména na atmosférickém tlaku. Ten s výškou nad zemským povrchem zpravidla ubývá, takže

prostředí se stává opticky řidším. Z optiky je známo, že paprsek se při přechodu z prostředí opticky hustšího do prostředí opticky řidšího lomí směrem od kolmice, takže elektromagnetická vlna vyzařovaná šikmo od zemského povrchu se poněkud ohýbá tak, že se od povrchu vzdaluje pomaleji. Takový lom se nazývá standardní atmosférický lom. Aby bylo možné brát v úvahu tento atmosférický lom při šíření velmi krátkých vln, zavádí se pojem ekvivalentní poloměr Země, což je poloměr, jaký by musela mít Země, aby paprsek šířící se po přímce měl stejný dosah jako křivočarý paprsek nad skutečnou zemí (obr. 7a). Průměrná hodnota ekvivalentního poloměru Země pro velmi krátké vlny je $R_e = 4/3 R$. V závislosti na počasí se hodnota ekvivalentního poloměru Země samozřejmě v jistých mezích mění, takže obsah vysílače kolísá. Při mimořádných podmínkách — při teplotní inverzi a při



Obr. 7. Znázornění ohybu vln v atmosféře zavedením ekvivalentního zemského poloměru

a) standardní atmosférický lom, b) kritický lom, c) superrefrakce

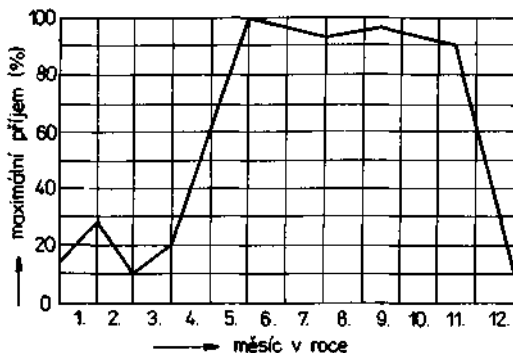
rychlém ubývám vlhkosti vzduchu s výškou — může nastat kritický lom (obr. 7b) nebo dokonce tzv. superrefrakce (obr. 7c), kdy se paprsek od zemského povrchu nevzdálí. Tento jev je jednou z příčin mimořádných příjmových podmínek.

Elektromagnetická vlna je dále charakterizována svou polarizací. Pozemní televizní vysílače pracují s lineární polarizací; většinou se volí polarizace horizontální, protože je méně tlumena sloupy, stožáry a stromy. Dalším důvodem je, že značná část zdrojů rušení má svislou polarizaci. V místech, kde nelze kmitočtovým odstupem zajistit, aby se dva vysílače pracující v I. až III. televizním pásmu vzájemně nerušily, se na jednom vysílači používá svislá polarizace a využívá se necitlivosti antény na kolmou polarizaci (např. vysílač Wrocław v Polsku používá vodorovnou polarizaci a vysílač Ústí nad Labem používá svislou polarizaci na témže kmitočtu).

Vlivem odrazů dochází ve vzdálenějších oblastech k depolarizaci elektromagnetických vln, takže účinek natočení přijímací antény není tak výrazný. Přesto však lze aspoň z větší části (o 8 až 12 dB) potlačit vzájemné rušení dvou vysílačů.

7. PŘÍJEM V I. A II. TELEVIZNÍM PÁSMU

Dosah televizního vysílače v prvním pásmu je závislý na jeho výkonu a na výšce antény nad terénem a je nejvíce 200 km. Ve velkých vzdálenostech závisí příjem také na počasí. V prvním pásmu je lepší příjem, je-li mezi vysílačem a přijímačem mlhavo a vlhko. Intenzita signálu od vzdálenějšího vysílače významně závisí na roční době. Nejhorší jsou podmínky na přelomu února a března a koncem roku (obr. 8).



Obr. 8. Závislost podmínek příjmu v I. televizním pásmu; hodnoty jsou vztaženy k nejlepšímu příjmu v daném místě

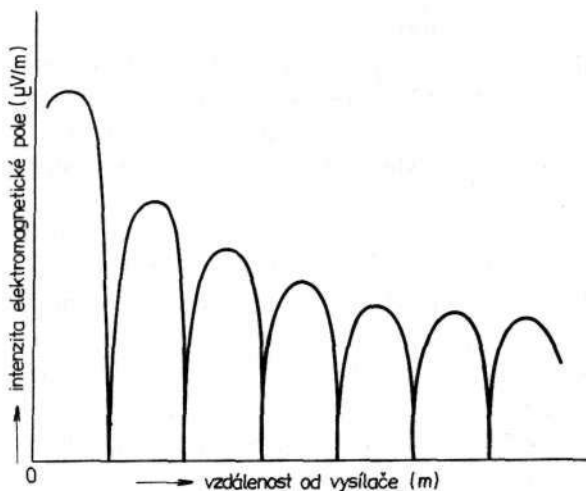
8. PŘÍJEM VE III. TELEVIZNÍM PÁSMU

V blízkosti vysílače dochází k intenzívním odrazům a tím i k mnohocestnému šíření (či. 6). Ve vzdálenějších oblastech závisí kvalita příjmu zejména meteorologických podmínkách, na roční a denní době a na síle vysílaného signálu. Tyto vlivy se stupňují s větší vzdáleností od vysílače a s vyšším kmitočtem.

Ve velkých vzdálenostech dochází ke krátkodobým únikům s periodou opakování od jedné sekundy do několika minut. Je to způsobeno tím, že stojaté vlny v místě antény, způsobené složením přímé vlny s vlnou šířící se atypickým způsobem, mění svou polohu vzhledem k anténě následkem změn při šíření rušící vlny. Z principu tvorby stojatých vln vyplývá, že takovýto únik je kmitočtově velmi závislý, takže dochází i k rozdílnému kolísání mezi obrazovým signálem a signálem zvukového doprovodu.

9. PŘÍJEM VE IV. A V. TELEVIZNÍM PÁSMU

V těchto pásmech převládá přímočaré šíření elektromagnetických vln. Ohyb a lom na horských hřebenech a překážkách je proti I. a III. pásmu zanedbatelný. Také odrazy od ionosféry nevznikají. Proto je příjem ve IV. a V. pásmu obtížnější, ale není rušen vzdálenějšími signály. Nevýhodou je poměrně malý dosah vysílače, omezený převážně na oblast přímé viditelnosti; mimo přímou viditelnost se intenzita signálu rychle



Obr. 9. Nerovnoměrnost rozložení elektromagnetického pole v blízkosti vysílače ve IV. a V. televizním pásmu

zmenšuje. Vzhledem k značnému útlumu při šíření jsou i odražené signály slabší než v nižších pásmech.

Komplikovanější poměry nastávají v těchto pásmech v blízkosti vysílače. Skládáním přímého paprsku a odrazů od země v blízkosti antény se vytvoří výrazné stojaté vlnění, nazývané oscilační pole (obr. 9). Takové pole v I. až III. pásmu není výrazné a sahá do vzdálenosti nejvíce 4 až 5 km. Ve IV a V. pásmu se projevuje na vzdálenost 12 i více kilometrů. Zvláště nepříhodné je, je-li vysílač umístěn v blízkosti většího města. Tam je vliv oscilačního pole znásoben ostrými „stíny“ budov a větších překážek. To způsobí nepravidelné střídání dobrého a naprosto nedostatečného signálu. Jsou známy příklady sídlišť, kde je ve vzdálenosti 5 až 10 km od vysílače kvalitní příjem nemožný, navzdory přímé viditelnosti vysílače.

Značný útlum při šíření elektromagnetického vlnění, větší ztráty v napájecí a menší citlivost přijímačů (přesněji větší šumové číslo — či. 12) kladou v tomto pásmu velké nároky na přijímací antény.

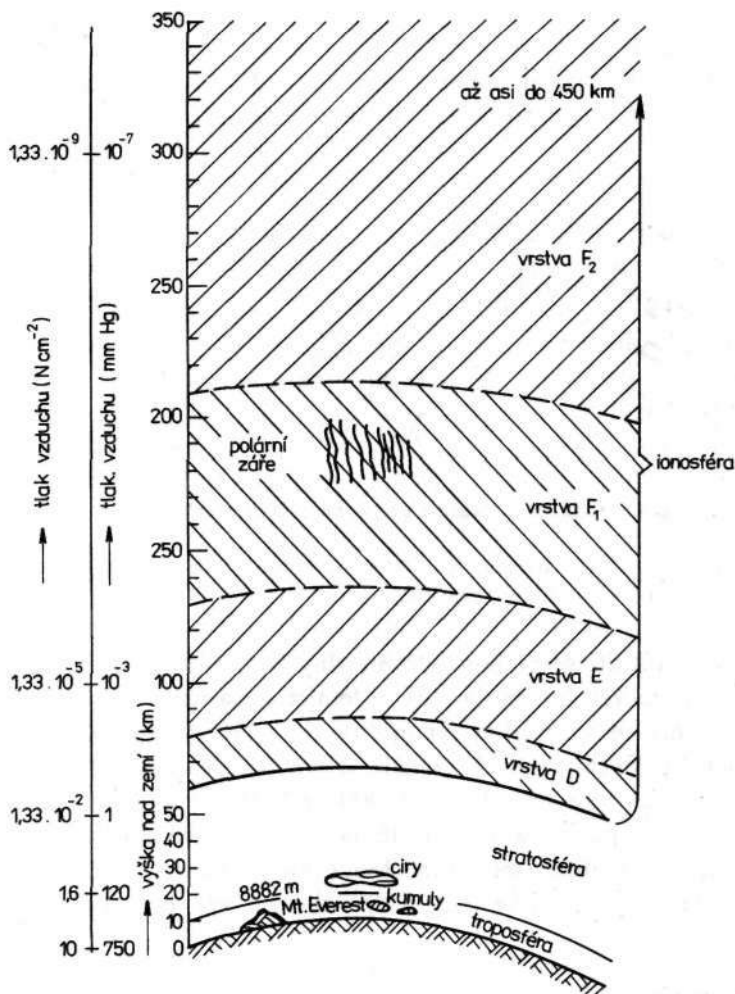
10. PODSTATA DÁLKOVÉHO PŘÍJMU

Popsané vlastnosti elektromagnetického vlnění jsou do značné míry stálé a příjem vzdálenějších vysílačů je možné zlepšovat použitím kvalitních antén a jejich vhodným umístěním. V některých obdobích však nastávají mimořádné jevy v atmosféře, které umožňují dálkový příjem televize na podstatně větší vzdálenosti, než je obvyklé. V článku 6 již byl popsán kritický lom v atmosféře a superrefrakce. Jinou příčinou dálkového příjmu je odraz od vrstev atmosféry.

Vlivem slunečního záření dochází ve vyšších vrstvách atmosféry k ionizaci vzduchu a vytvoří se ionosférické vrstvy (obr. 10). Za normálních okolností je kritický kmitočet ionosféry, tedy nejvyšší kmitočet, kdy je vlna ještě odrazena, asi 20 MHz a vlny televizních pásem ionosférou procházejí.

Míra ionizace závisí na mnoha faktorech, zejména na sluneční aktivitě. Maxima sluneční aktivity se opakují v jedenáctiletém a ve stodesetiletém cyklu. Při silné ionizaci může dojít k odrazu vln I. televizního pásma od nejvyšších částí vrstvy F atmosféry a od tzv. sporadické vrstvy E_s (obr. 11). Vrstva E se vytváří ve výšce řádné vrstvy E. Příčiny vzniku nejsou známy, souvisí však se sluneční činností.

Poslední maximum stodesetiletého (a také jedenáctiletého) cyklu bylo v roce 1947. Tehdy byly v Praze běžně zachytitelné mobilní radiostanice

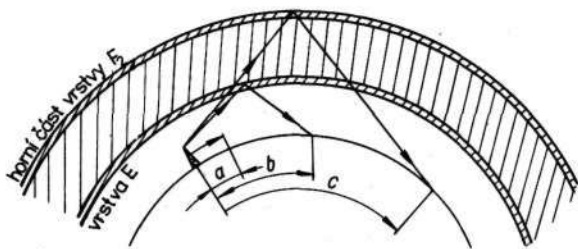


Obr. 10. Vertikální složení zemské atmosféry

taxislužby v New Yorku, pracující v pásmu 50 MHz. Známým příkladem mimořádného ionosférického šíření je den 1. 7. 1962, kdy na celém území ČSSR bylo možné přijímat vysílač Madrid a kdy dokonce intenzita signálu znemožňovala příjem místních vysílačů pracujících na blízkých kmitočtech.

Vzhledem k nestálosti sporadické vrstvy E_s i mimořádně ionizované vrstvy F₂ je ionosférické šíření v I. televizním pásmu jev krátkodobý.

Nejlepší podmínky pro vznik ionosférického odrazu jsou v době od 11 do 13 h a od 19 do 20 h místního času. Obě maxima jsou prostorově ohraničená, takže plocha, na kterou odražený signál dopadá, má kruhový tvar s průměrem asi 250 km a po zemském povrchu se přesouvá rychlostí kolem 300 km/h.

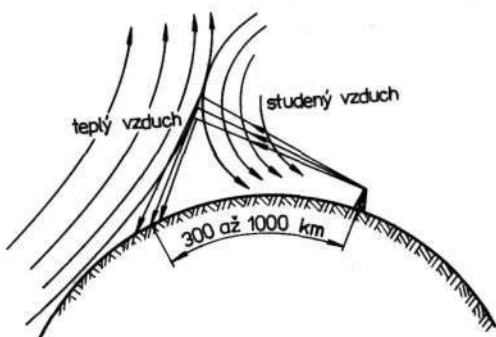


Obr. 11. Dálkový příjem v I. až III. televizním pásmu mimořádným odrazem od ionosféry

a — dosah přímého signálu (do 100 km), *b* — odraz od vrstvy E (200 až 3 000 km),
c — výjimečný odraz od vrstvy F_2 (až 8 500 km)

Další vrstvou, od níž se mohou odrážet vlny I. televizního pásma, je rozhraní atmosférických front (obr. 12). V letních měsících se při setkání vlhké teplé fronty se suchou studenou frontou tvoří výrazné rozhraní opticky nestejně hustých prostředí, od něž se vlny odrážejí tak, že odražený signál dopadá na zem ve vzdálenosti 300 až 1 000 km.

Ve III. televizním pásmu se již ionosférické odrazy nemohou uplatnit stejně jako odraz od rozhraní mezi atmosférickými frontami. Příjem ve III. pásmu na velké vzdálenosti se zlepšuje při tlakové výši a zejména při



Obr. 12. Dálkový příjem v I. až III. televizním pásmu odrazem od rozhraní vzdušných front v letním období

teplotní inverzi. Je zřejmé, že příčinu lze spatřovat v příznivém atmosférickém lomu (či. 6). Pro přenos je také příznivé, je-li atmosféra mezi vysílačem a přijímačem klidná. Poryvy větru narušují skladbu atmosféry tak, že lom v atmosféře působí pouze únik signálu.

Šíření vln ve IV. a V. televizním pásmu má zákonitosti analogické šíření vln ve III. pásmu; rozdíl je jen v tom, že kratší vlny mají větší útlum.

11. PŘÍJEM V VI. TELEVIZNÍM PÁSMU

Signál se v mikrovlnném pásmu šíří stejně jako světlo, tedy pouze po přímce. Pro příjem družicového signálu je tedy nezbytný nezastíněný výhled směrem k příslušné družici. Vlny s kmitočty nad 10 GHz se neodrážejí od ionosféry ani od jiných vrstev atmosféry. Podstatný vliv na útlum mikrovlnného signálu při průchodu atmosférou mají vodní částice, zejména déšť a dešťová oblaka. Družicové systémy musí být proto dimenzovány tak, aby k výpadkům signálu vlivem atmosférických dějů nedocházelo častěji, než je pro systém přípustné. Všechny systémy družicové televize zaručují příjem signálu po nejméně 99,9 % času, jinými slovy celková doba výpadků během jednoho roku nepřevyší 9 hodin.

Pro příjem družicového signálu je kromě absolutní hodnoty vysílaného výkonu rozhodující také tvar anténního svazku vysílaného z družice. Pro družicovou pevnou službu je charakteristické použití poměrně širokých svazků, systémy družicové rozhlasové služby jsou projektovány se svazky omezenými pouze na obsluhované území, nároky na přijímací zařízení mimo toto území prudce rostou se vzdáleností od osy svazku.

12. KVALITA TELEVIZNÍCH SIGNÁLŮ, ODRAZY A ŠUM

Výslednou kvalitu přijímaného signálu ohrožuje mnoho faktorů, daných jednak lokalitou přijímače a jednak vlastním přijímacím zařízením. Mezi objektivní skutečnosti lze zejména počítat pokrytí místa užitečným signálem, úroveň rušivých signálů včetně odrazů přijímaného signálu a okolní šum. Vlastní přijímací zařízení může zhoršit signál zejména

- rušením nežádoucími signály pronikajícími do napáječe,
- zkreslením v důsledku nepříznivého působení antény a přijímače k napáječi,
- zkreslením průchodem signálu neprávň instalovaným napáječem,
- zkreslením v předzesilovači.

Vhodným použitím antény však lze do značné míry eliminovat i vliv některých objektivních faktorů zhoršujících kvalitu signálů.

Objektivní hodnocení kvality televizního signálu není možné jednoduchými prostředky. Je velmi obtížné nalézt změřitelnou veličinu, jejíž hodnota by byla úměrná kvalitě, jak ji pociťuje spotřebitel. Proto byla dohodnuta řada stupnic vystihujících subjektivní hodnocení. Nejpoužívanější je stupnice Evropské rozhlasové unie (EBU) — tab. 1.

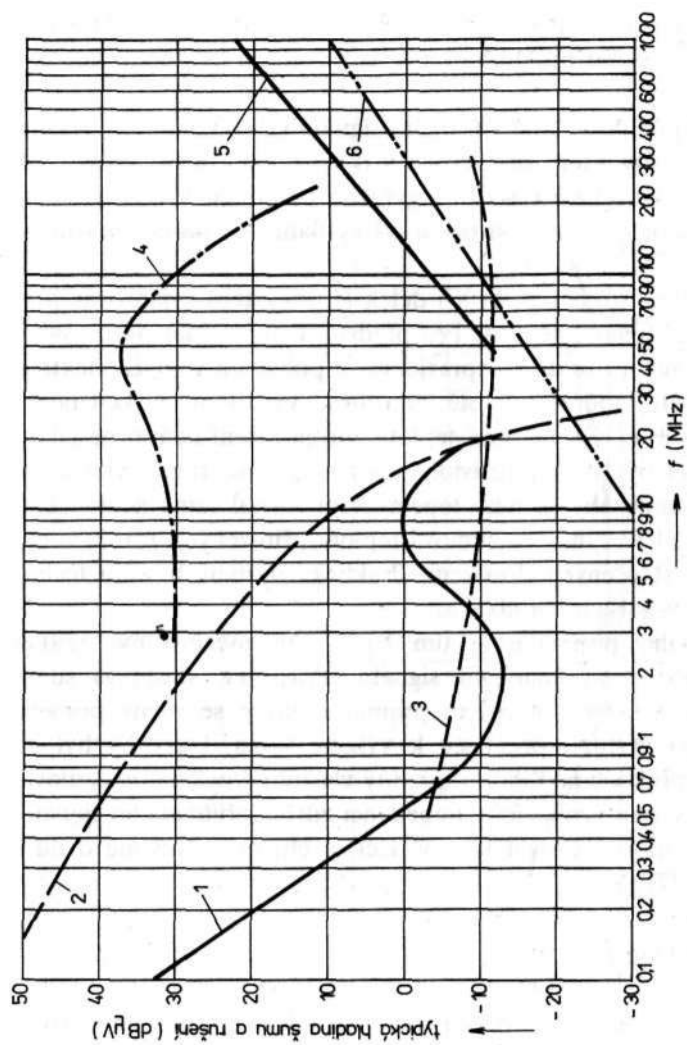
Tabulka 1. Kvalitativní stupnice Evropské rozhlasové unie

Stupeň	Kvalita obrazu	Hodnocení obrazu
1A	velmi dobrá	nepozorovatelné zkreslení
2A	dobrá	právě pozorovatelné zkreslení
3A	ještě dobrá	zkreslení je pozorovatelné, ale neruší
4A	nevalná	poněkud závadný obraz
5A	špatná	obraz je závadný, lze ho však pozorovat
6A	nepoužitelná	nepoužitelný obraz

Šest stupňů hodnocení (písmeno A označuje použitou stupnici) zahrnuje celý přenosový řetěz od televizní kamery po stínítko obrazovky televizoru. Předpisy určující kvalitu tohoto řetězce od kamery po vysílací anténu zaručují, že vysílaný signál umožní příjem s kvalitou 1A. V další části řetězce, od vysílací antény k přijímací, nelze v reálných podmínkách zamezit zkreslení vysílaného signálu. V optimálních podmínkách a na přijímacím zařízení špičkové kvality lze u nás dosáhnout v I. a II. televizním pásmu nejvýše kvality 2,5 A, ve IV. televizním pásmu nejvýše kvality 2 A.

Pro dobrou činnost každého přijímače je nezbytné přivést na jeho vstup signál s intenzitou dostatečně převyšující intenzitu šumu na daném kmitočtu. Signál musí mít od šumu patřičný odstup. Tento dostup signálu od šumu se udává v decibelech (čí. 13) a je to důležitý parametr signálu při příjmu.

Šum a rušení se přidají k signálu při jeho šíření v prostoru v důsledku vyzařování zdrojů šumu a rušení. Zdroje rušení jsou zpravidla důsledkem lidské činnosti (průmyslové rušení), šum je kromě umělých zdrojů produkován také přírodními zdroji jako projev tepelného pohybu molekul. V I. až V. televizním pásmu je obvyklé vyjadřovat úroveň šumu a rušení jejich



Obr. 13. Typická kmitočtová závislost šumu a rušení (šířka pásma 4,5 kHz)

obr. 13. Hladiny šumu a rušení jsou udány pro šířku pásma 4,5 kHz. Křivka 1 platí pro tiché výboje statické elektřiny ve dne, křivka 2 platí pro noc. Kmitočtovou závislost kosmického šumu vyjadřuje křivka 3. Křivka 4 přísluší úrovni průmyslového rušení. Křivka 5 udává velikost šumu produkovaného vlastním přijímačem a křivka 6 udává kmitočtovou závislost tepelného šumu.

Při příjmu amplitudově modulovaného signálu se uplatňuje především vliv statické elektřiny, který se zvětšuje v době bouřek a při sněžení za větších mrazů. Průmyslové rušení se výrazně uplatňuje v I. televizním pásmu. To je jeden z důvodů, proč se od vysílání v I. pásmu postupně upouští.

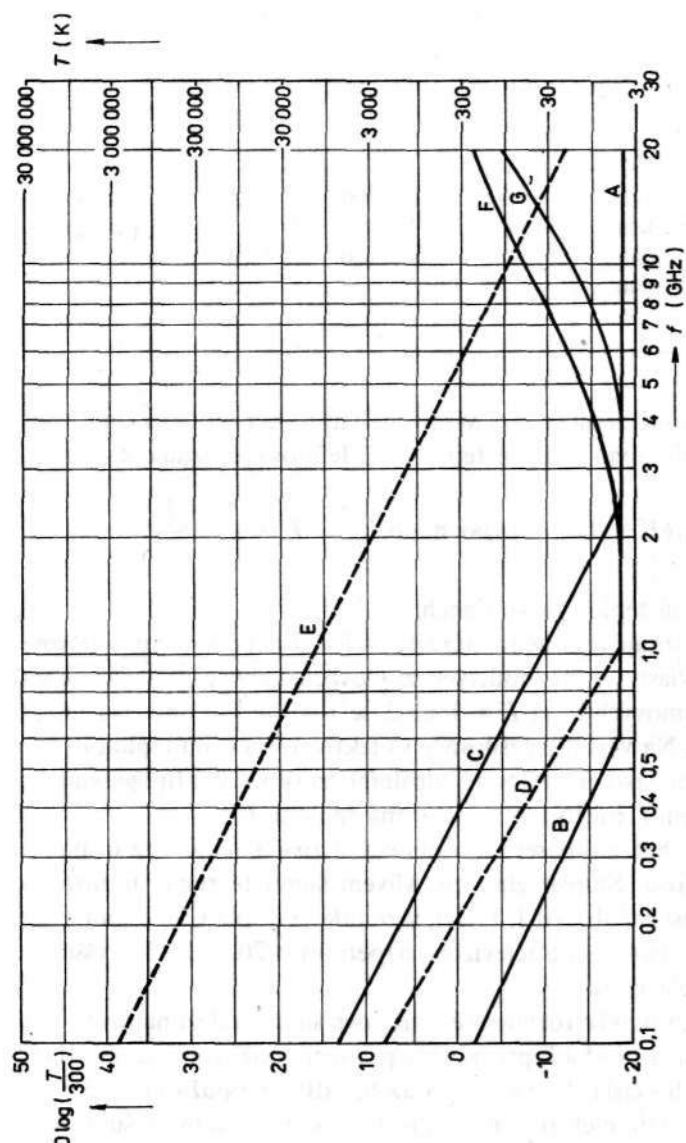
V oblasti centimetrových vlnových délek je obvyklejší vyjadřovat úroveň šumu pomocí šumové teploty. Pro představu stačí vědět, že na svorkách každého rezistoru se díky nepravidelným pohybům volných elektronů vytvoří napětí úměrné teplotě rezistoru, vyjádřené v kelvinech; $T(K) = 273,15 + t(^{\circ}C)$. Šumová teplota zdroje záření udává, na jakou teplotu by musel být zahřát rezistor, jehož odpor se rovná vnitřnímu odporu zdroje šumu, aby se jeho tepelný šum rovnal šumu skutečného zdroje. Na obr. 14 je vynesena šumová teplota přirozených zdrojů šumu a zdrojů šumu vytvořených člověkem. Praktický význam a váhu těchto údajů poznáme v dalších kapitolách.

Kvalita vlastního přijímače je tím lepší, čím méně šumu přidají obvody přijímače k přijímanému signálu. Příspěvek vlastního šumu je charakterizován šumovým číslem přijímače, které se rovná poměru výkonu šumu na výstupu přijímače k výkonu šumu, který by byl na výstupu, kdyby přijímač neobsahoval žádný vlastní zdroj šumu a zesiloval by pouze tepelný šum vznikající v impedanci zdroje přijímaného signálu. Šumové číslo je možné udávat také v decibelech; pak mluvíme o míře šumu a_p (obr. 227)

$$a_p = 10 \log F$$

Šumové číslo kvalitních televizorů v I. a III. televizním pásmu je asi 7, ve IV. a V. televizním pásmu asi 16, ale vyskytují se i televizory s šumovým číslem větším než 28.

Je-li přijímaný signál bezvadný, je úroveň signálu nezbytná pro dosažení požadované kvality černobílého obrazu závislá na šumovém čísle přijímače podle tab. 2.



Obr. 14. Šumová teplota typických zdrojů šumu

A – kosmické pozadí, B – minimální kosmický šum, C – maximální kosmický šum,
D – člověkem vytvořený šum na venkově, E – člověkem vytvořený šum ve městě,
F – šum, vytvořený atmosférickými srážkami a absorpcí pro 0,1 % doby při elevaci 30°,
G – totéž jako F, ale pro 1 % doby

Tabulka 2. Požadovaná úroveň vstupního signálu černobílého televizoru

Stupeň kvality	Minimální úroveň vstupního signálu ($\mu\text{V}/300\ \Omega$)				
	Šumové číslo $F (kT_0)$				
	4	8	12	15	20
1A	1 000	1 300	1 600	1 900	2 100
2A	450	600	750	850	1 000
3A	240	350	400	480	550
4A	140	200	230	270	300
5A	80	110	140	170	200

Šumové vlastnosti zesilovačů s velmi malým šumem je výhodné vyjadřovat pomocí efektivní šumové teploty T , definované vztahem

$$T = T_0 (F - 1) \quad \text{nebo naopak} \quad F = 1 + \frac{T}{T_0}$$

kde T_0 je skutečná teplota v kelvinech.

Teplota T umožňuje mnohem jemnější rozlišení nebo vzájemné porovnání šumových vlastností jednotlivých zesilovačů nebo přijímačů, neboť např. interval šumových čísel $F = 1$ až 2 se rozšiřuje na interval teplot $T = 0$ až 290 K. Na výstupu zesilovače s efektivní šumovou teplotou T se objeví stejný šum jako na výstupu ideálního zesilovače připojeného ke zdroji signálu, jehož vnitřní impedance má teplotu T .

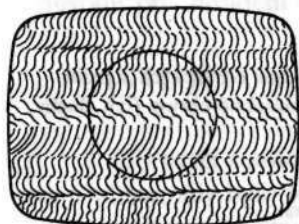
Vliv šumu na zhoršení barevného obrazu je značně větší než u monochromního přenosu. Stupeň zhoršení vlivem šumu je různý u různých přenosových soustav (SECAM, PAL), v zásadě však platí, že je potřebné přivést na svorky barevného televizoru napětí asi o 20 až 25 % vyšší než u černobílého televizoru.

Šumové číslo přijímače rozhlasové družicové služby záleží na provedení přijímače. V současné době při použití přímého směřování se dosahuje hodnoty šumového čísla 3,2 až 4,4 (5 až 6,5 dB), s použitím zesilovače s tranzistory řízenými elektrickým polem se dosahuje hodnoty šumového čísla 1,25 až 1,6 (1 až 2 dB). Vzhledem k tomu, že při příjmu signálů z družic je anténa s velkým ziskem nezbytností, je obvyklé hodnotit přijímač a anténu jako jeden celek. Zavádí se činitel jakosti přijímače GI T

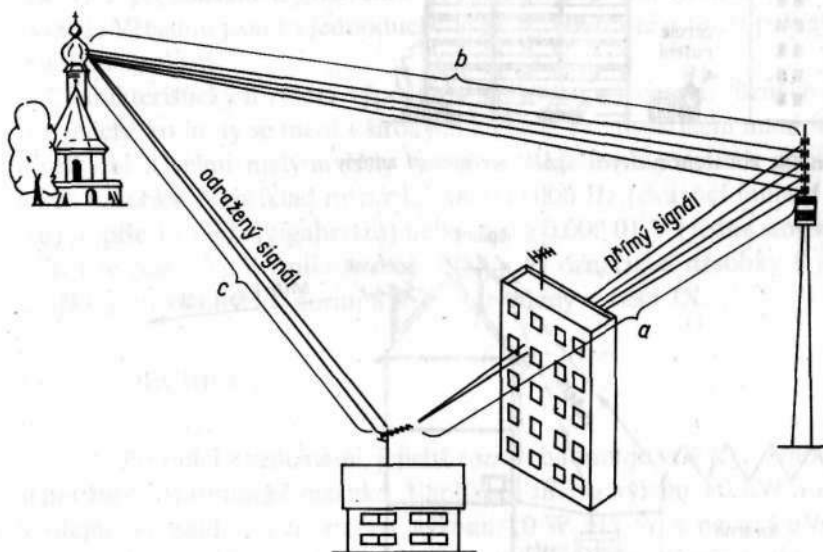
(dB/K), tj. podíl zisku antény k šumové teplotě vztažené ke vstupu přijímače. Výhodou tohoto parametru je to, že sdružuje do jediného čísla všechny veličiny vztahující se ke vstupu přijímače. Tím umožňuje jednoduše charakterizovat jakost zařízení a vystihuje i cenové relace.

V projektech DRS se předpokládá použití skupinových přijímačů s činitelem jakosti $G/T = 14$ dB/K nebo individuálních přijímačů s $G/T = 6$ dB/K.

Rušení nežádoucími signály může podstatně zhoršit kvalitu příjmu. Na rozdíl od šumu, který má náhodný charakter, se rušivé signály projevují deformacemi výsledného obrazu. Typickým projevem interference přijímaného signálu s jiným vysokofrekvenčním signálem je moaré (obr. 15)



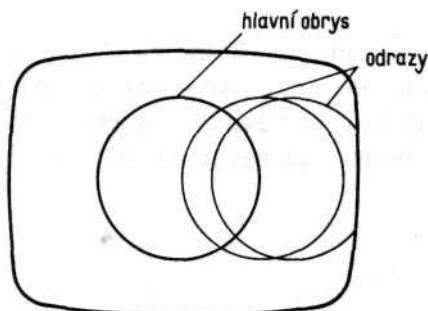
Obr. 15. Moaré – projev interference přijímaného signálu s jiným vysokofrekvenčním signálem



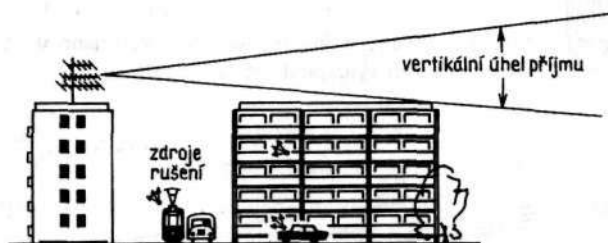
Obr. 16. Vznik odraženého signálu; přímý signál je navíc zastíněn, takže odražený signál může být silnější

nebo šikmé pruhy přes obraz. Je-li rušivý signál vyzařován vzdáleným vysílačem, je možné rušení odstranit použitím vhodné směrové antény.

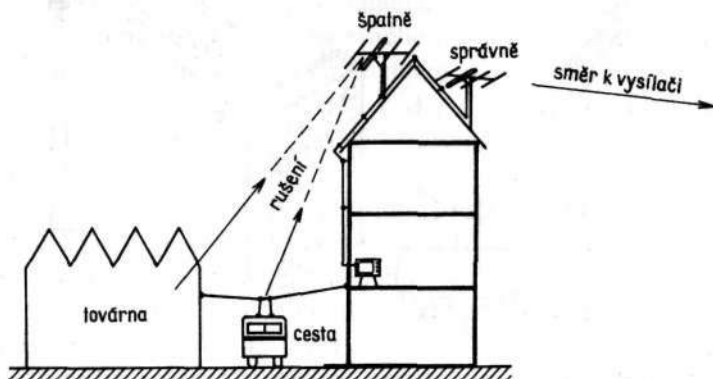
Za rušivý signál lze pokládat i signál přijímaného vysílače, odražený od terénních překážek (např. v situaci znázorněné na obr. 16). Dráha odraženého signálu je delší než dráha řádného signálu, takže do přijímače tyto



Obr. 17. Projev odražených signálů
— několikanásobné obrysy (tzv. duchy)



Obr. 18. Potlačení rušivých signálů směrovostí antény



Obr. 18. Potlačení rušivých signálů směrovostí antény

ním obrysů v obrazu (tzv. duchy, obr. 17). Příjem lze opět zlepšit vhodnou anténou.

Správným umístěním antény lze rovněž omezit vliv průmyslového rušení z blízkých zdrojů. Na obr. 18 je využito směrových vlastností antény, na obr. 19 je naznačeno odstínění antény od zdrojů rušení.

Rušivé signály se mohou na vstupu přijímače dostat také nevhodným napáječem (svodem), zejména je-li použito symetrické vedení — dvoulinka — a není-li toto vedení správně instalováno. Problematice vysokofrekvenčních vedení je věnován čí. 15.

Z podstaty rušení vyplývá, že se uplatňuje zejména v soustavách pozemních vysílačů. To je také (jak již bylo několikrát řečeno) jedním z důvodů pro zavádění družicové televize.

13. VÝPOČTY V ANTÉNNÍ TECHNICE

Při práci s anténami se nelze vyhnout alespoň základním početním úvahám, aby bylo možné alespoň přibližně stanovit, jakou anténu je třeba použít, jakým způsobem ovlivní instalace jakost signálu při spojení antény s přijímačem a jaká další opatření si zajištění kvalitního příjmu vyžádá. Většinou jsou to jednoduché výpočty, které lze v praxi použít bez hlubších znalostí.

Charakteristickým rysem výpočtů je vzájemné porovnání různých veličin, jejichž hodnoty se mění v širokých mezích. Pro usnadnění manipulace s velkými a velmi malými čísly se místo základních jednotek používají jejich násobky. Například místo 12 000 000 000 Hz (dvanáct miliard herťů) se píše 12 GHz (gigaherťů) nebo místo 0,000 01 V (jedna stotisícina voltu) se píše 10 uV (mikrovoltů). Předpony označující násobky a jejich značky jsou stanoveny normou a jsou uvedeny v části IX.

14. DECIBELY

Při práci s veličinami, jejichž rozsah hodnot je velký, je výhodnější používat logaritmické měřítko. Například změna výkonu 10 uW o 1 uW je stejně významná jako změna výkonu 10 W o 1 W a ne o 1 uW. To znamená, že například v grafickém vyjádření by bylo výhodné, aby délka úsečky mezi 10 fW a 11 fW byla stejná jako mezi 10 W a 11 W, což platí právě v logaritmickém měřítku.

Používání logaritmického měřítka s sebou nese jedno úskalí. V každém vzorci musí spolu korespondovat rozměry fyzikálních veličin na obou stranách. Prostým logaritmováním změní veličina svůj původní rozměr, což by mohlo být zdrojem obtíží. Proto se zavádí jednotka zvaná bel (pojmenovaná na počest fyzika Alexandra Bella), která udává logaritmus poměru dvou výkonů. Takový poměr je bezrozměrná veličina (např. 3), takže ho lze logaritmovat bez nesnází. V praxi se výhodně používá jednotka desetkrát menší než bel — decibel (dB). Je-li např. ztráta výkonu na vysokofrekvenčním vedení 20 dB, je poměr vstupního výkonu P k výstupnímu výkonu P_2 100, výkon se tlumí 100krát, protože

$$10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) = 10 \log (100) = 20 \text{ dB}$$

V definici belu je sice výslovně uvedeno, že je určena k porovnávání výkonů, ale obvykle se tato jednotka používá i pro vyjadřování jiných veličin.

Ve výpočtech týkajících se přijímacích antén se obvykle porovnává napětí. To je možné proto, že např. přenos výkonu od antény k přijímači zpravidla probíhá při zachování stálého odporu podél přenosového vedení, takže výkon je úměrný druhé mocnině napětí; platí

$$10 \log \left(\frac{P_1}{P_2} \right) = 10 \log \left(\frac{U_1^2/R}{U_2^2/R} \right) = 10 \log \left(\frac{U_1}{U_2} \right)^2 = 20 \log \left(\frac{U_1}{U_2} \right)$$

V praxi je velice důležité si uvědomit, jaká veličina je v decibelech vyjádřena. Například údaj 6 dB znamená poměr výkonu

$$\frac{P_1}{P_2} = 4, \quad \text{ale poměr napětí} \quad \frac{U_1}{U_2} = 2$$

Protože údaj v decibelech vyjadřuje poměr dvou veličin, je vždy nutné k údaji o hodnotě např. výkonu nebo napětí udat, k jaké hodnotě je údaj vztažen. Někdy se tato hodnota připojuje k údaji. Malé napětí se obvykle udává v decibelech nad mikrovoltem (dBuV), tj. udává se, kolikrát je napětí větší než 1 uV, výkon se obvykle udává v decibelech nad miliwattem (dBmW) (někdy také dBm) atd.

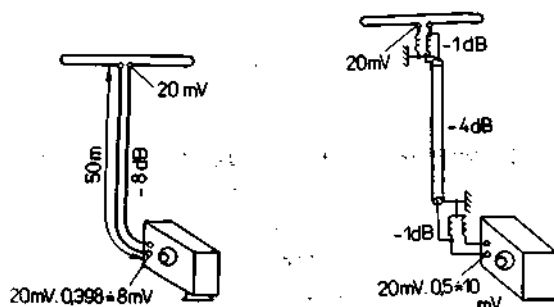
V příkladu na začátku článku lze výkon $10 \mu\text{W}$ udat jako

$$10 \log \left(\frac{10 \cdot 10^{-6} \text{ W}}{1 \cdot 10^{-3} \text{ W}} \right) = -20 \text{ dBm};$$

$$\text{podobně } 11 \mu\text{W} = -19,59 \text{ dBm};$$

$$10 \text{ W} = 40 \text{ dBm}; \quad \text{podobně } 11 \text{ W} = 40,41 \text{ dBm}.$$

Je vidět, že rozdíl 0,41 dBm je stejný mezi hodnotami $10 \mu\text{W}$ a $11 \mu\text{W}$ i 10 W a 11 W .



Obr. 20. Příklad pro výpočet napětí na vstupu přijímače
a) napájení dvoulinkou, b) napájení souosým kabelem

Význačnou vlastností logaritmů je, že logaritmus součinu je součet logaritmů, takže výpočty se použitím decibelů výrazně zjednoduší. Ukážeme to na dalším příkladu: Vzdálenost televizního přijímače od antény je 50 m. (Pro názornost předpokládáme, že vstup přijímače je symetrický, 300 fi, přestože to v současné době již není typický případ.) Na svorkách antény je napětí 20 mV. Je třeba stanovit, jaké napětí dodá do přijímače symetrické vedení (dvoulinka) s napěťovým útlumem 1,6 dB na 10 m (obr. 20a) nebo souosé (koaxiální) vedení s útlumem 0,8 dB na 10 m (obr. 20d). Pro symetrické vedení vyjde útlum svodu 8 dB, napětí se zmenší na $20 \text{ mV} \cdot 0,398 = 8 \text{ mV}$. Při použití souosého kabelu s celkovým útlumem 4 dB je třeba mezi svod a anténu a mezi svod a přijímač zařadit symetrizační člen, jehož útlum je 1 dB. Při výpočtu bez použití decibelů vyjde $20 \text{ mV} \cdot 0,89 \cdot 0,628 \cdot 0,89 = 10 \text{ mV}$; s použitím decibelů lze útlum vypočítat zpaměti: $1 \text{ dB} + 4 \text{ dB} + 1 \text{ dB} = 6 \text{ dB}$, takže napětí je $20 \text{ mV} \cdot 0,5 = 10 \text{ mV}$.

Vyjádříme-li i napětí v decibelech, je $20 \text{ mV} = 86 \text{ dBuV}$ a výsledek vyjde $80 \text{ dBuV} = 10 \text{ mV}$. Vzájemný převod mezi údaji v decibelech a ve standardních jednotkách lze provést například pomocí obr. 226 v kapitole IX. Vyjádření napětí v dBuV je v tomto příkladu samozřejmě samoučelné a bylo provedeno jenom jako ilustrace; ve složitějších případech je však přínosem.

III. TECHNICKÉ VLASTNOSTI JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ ANTÉNNÍ TECHNIKY

;

-

15. VYSOKOFREKVENČNÍ VEDENÍ

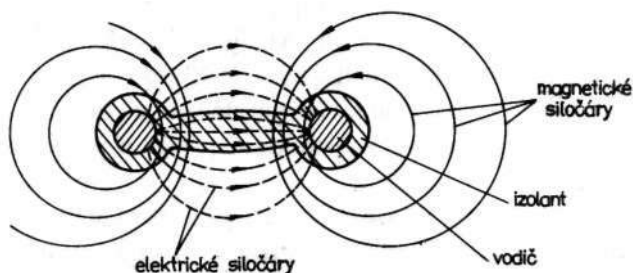
Přenos signálu ze svorek antény na vstup přijímače je zprostředkován vysokofrekvenčním vedením nazývaným napáječ. Charakteristickým znakem takového vedení je, že jeho délka bývá větší než přenášená vlnová délka a příčné rozměry vedení jsou s vlnovou délkou srovnatelné. Tuto skutečnost je třeba respektovat při konstrukci napáječe a při jeho používání.

Pro vytvoření představy o podstatě vysokofrekvenčního vedení je vhodné vyjít z přenosu energie elektromagnetickým vlněním. Ve volném prostoru se energie šíří všemi směry formou kulové elektromagnetické vlny (či. 1). Vhodným uspořádáním vodičů je možné tok energie prostorem usměrnit tak, že se vlnění šíří podél těchto vodičů. Vliv prostorového uspořádání vodičů se zvětšuje se zvyšováním přenášeného kmitočtu. V oblasti nízkých kmitočtů je podstatná část energie nesena proudem, který je veden celým průřezem vodiče. Vlnovou podstatu přenosu není třeba (s výjimkou speciálních případů) brát v úvahu. Při rozvodu síťového napětí s kmitočtem 50 Hz lze s vodiči pracovat stejně jako při rozvodu stejnosměrného napětí. Při dálkovém přenosu je však třeba respektovat vlnovou podstatu přenosu, protože délka vedení je srovnatelná s vlnovou délkou (6 000 km). Při kmitočtech používaných v I. až V. televizním pásmu prochází elektrický proud v tenké vrstvě na povrchu vodiče a podstatná část energie je přenášena elektromagnetickým polem v prostoru obklopujícím vodiče. Se zvyšujícím se kmitočtem ztrácí analogie se stejnosměrným vedením smysl. V mikrovlnných pásmech (např. VI. televizní pásmo) se běžně používá jako vedení vlnovod — dutý válec s vodivými stěnami. Vodivé stěny vlnovodu zabírají rozptylu energie do prostoru, při vhodných geometrických rozměrech se energie šíří formou vlny podél osy vlnovodu. Zde již popis pomocí napětí a proudu zcela ztrácí smysl, přenos je charakterizován tokem energie.

16. POUŽÍVANÉ TVARY VYSOKOFREKVENČNÍCH VEDENÍ

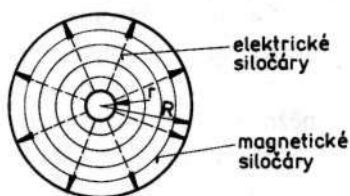
V I. až V. televizním pásmu se téměř výhradně používá buď symetrické dvou vodičové vedení, nebo souosý kabel. V VI. televizním pásmu se vedle souosého kabelu používá také vlnovod a mikropáskové vedení.

Rozložení elektromagnetického pole u dvou vodičového symetrického vedení (dvoulinky) je na obr. 21. Elektrické i magnetické pole mají složky

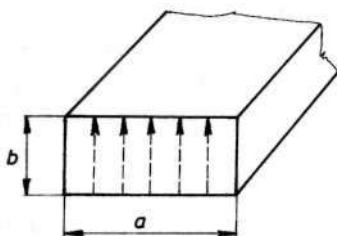


Obr. 21. Rozložení elektrických a magnetických siločar podél dvoulinky

kolmé k ose vedení, podél níž se vlnění šíří. Díky přítomnosti izolantu, který určuje tvar vedení, je rychlost šíření energie menší než ve volném prostoru. Významnou skutečností je, že energie je vedena v poměrně velkém okolí vodičů, což bývá zdrojem problémů při praktickém použití dvoulinky. Potíže s rozptylem elektromagnetického pole do okolí vedení odpadají při použití souosého kabelu (obr. 22). Zde je energie vedena mezi vnitřním a vnějším vodičem, vnější vodič poměrně dokonale odděluje přenášené pole od okolí.



Obr. 22. Rozložení elektrických a magnetických siločar podél souosého vedení

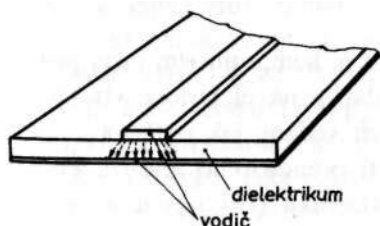


Obr. 23. Rozložení elektrických siločar ve vlnovodu

Většina antén pro I. až V. televizní pásmo má své svorky uspořádány symetricky, takže připojení symetrického svodu je snadnější než použití svodu nesymetrického. Tato skutečnost vedla k výrobě stíněné dvoulinky — symetrického dvou vodičového vedení obklopeného vodivým pláštěm, podobným pláští sousoseho kabelu. Stíněná dvoulinka spojuje příznivé vlastnosti obou druhů vedení. Ukázalo se však, že jednoduchost připojení stíněné dvoulinky nevyváží obtíže spojené s její výrobou, takže v současné době se stíněná dvoulinka nepoužívá.

V mikrovlnném pásmu (VI. televizní pásmo) se používají také sousose kabely. Kmitočet přenášené vlny klade vysoké nároky na kvalitu materiálu použitého na jeho výrobu i na přesnost provedení, takže se v mnoha případech používají vlnovody, jejichž aplikace je sice méně pohodlná, ale svými elektrickými parametry dosud předčí jiné druhy vedení. Na obr. 23 je znázorněn možný tvar elektrických siločar ve vlnovodu obdélníkového průřezu. Přenášené vlnění se od vodivých stěn (zpravidla postříbrněných) odráží a skládá se s vlněním odraženým od ostatních stěn. Je zřejmé, že přenosové vlastnosti vlnovodu závisí na poměru jeho rozměrů k vlnové délce. Tento poměr totiž určuje, zjednodušeně řečeno, pod jakým úhlem musí vlnění dopadnout na stěnu, aby bylo po odrazu a při součtu s postupující vlnou ve fázi s postupující vlnou. Detailnější popis vlnododové techniky přesahuje rámec této publikace; na některé skutečnosti ještě upozorníme v popisu praktické aplikace.

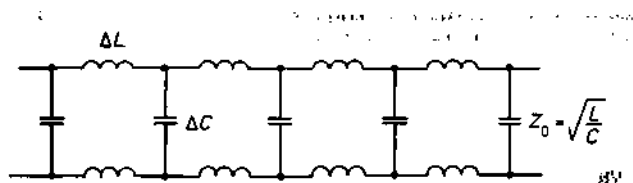
Posledním druhem mikrovlnného vedení je vedení mikropáskové, tvořené vodivým páskem umístěným nad vodivou podložkou (obr. 24). Mechanicky je pásek nesen dielektrickou, zpravidla korundovou deskou. Permittivita (dielektrická konstanta) této desky je velká, takže podstatná část přenášeného pole je soustředěna mezi páskem a vodivou deskou. Svou kompaktností je mikropáskové vedení vhodné pro realizaci složitějších obvodů. Mikropáskovou technologií jsou zpravidla realizovány vstupní díly přijímačů DRS. Zásadně se umísťují v blízkosti antény nebo jsou přímo jejich součástí. Podstatná část tedy přenáší kmitočet 1. mezipřekvence, který již spadá do I. nebo V. televizního pásma.



Obr. 24. Rozložení elektrických siločar podél mikropáskového vedení

17. VLNOVÁ IMPEDANCE

Nejdůležitější veličinou popisující vysokofrekvenční vedení je jeho vlnová impedance (podle staršího názvosloví charakteristická impedance, nesprávně vlnový odpor). Vlnovou impedanci vedení je možné odvodit z kapacity mezi jeho vodiči a z jejich indukčnosti. Na obr. 25 je náhradní schéma bezeztrátových symetrických



Obr. 25. Náhradní schéma ideálního vedení (symetrického)

v němž indukčnost a kapacita, rozprostřené po vedení, jsou nahrazeny elementárními indukčnostmi ΔL a elementárními kapacitami ΔC .

Veličina

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

se nazývá vlnová impedance vedení; její jednotkou je ohm (Q). Důležité je si uvědomit, že její velikost nezávisí na délce vedení, ale je dána pouze příčnými rozměry vedení, popř. permitivitou dielektrika mezi nimi. Ve vzorci pro vlnovou impedanci indukčnost i kapacita skutečně závisí na délce vedení stejným způsobem (velikost na jednotkovou délku krát délka), takže jejich podíl je konstantní.

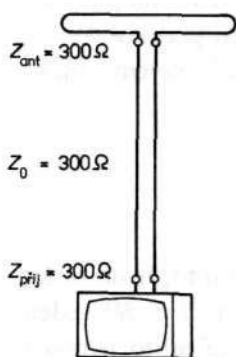
Volba hodnoty vlnové impedance vedení je kompromisem mezi požadavky na mechanickou konstrukci, požadavky na elektrické vlastnosti (ztráty závisí také na příčných rozměrech vedení, jak ještě ukážeme) a jednoduchou návazností na ostatní části přenosového řetězce. Podle doporučení mezinárodní komise pro elektroniku (IEC) jsou ve všech

státech (kromě SRN) vlnové impedance vř vedení pro anténní napáječe normovány jednotným způsobem, a to
 souosý kabel 75 Q, v SRN 60 Q,
 symetrické vědem 300 Q (4 X 75), v SRN 240 Q (4 X 60),
 symetrické stíněné vedení 150 Q, v SRN 120 Q.

18. IMPEDANČNÍ PŘÍZPŮSOBENÍ

Pro maximální přenos vysokofrekvenční energie ze zdroje do zátěže je třeba, aby vlnová impedance zdroje byla stejná jako vlnová impedance zátěže. Konkrétní příklad přenosu energie od antény k přijímači je na obr. 26.

Nechť je vlnová impedance na svorkách antény $Z_{ant} = 300 \text{ Q}$. V místě připojení napáječe jsou zdrojem svorky antény, zátěží (spotřebičem) je napáječ. Je tedy nutné, aby vlnová impedance napáječe byla rovněž $Z_0 = Z_{ant} = 300 \text{ Q}$. V místě připojení přijímače je zdrojem vedení a zátěží přijímač, takže musí být $Z_{prij} = Z_0 = 300 \text{ Q}$. Význam impedančního přizpůsobení ukáže následující úvaha.



Obr. 26. Podmínkou pro bezeztrátový přenos energie od antény k přijímači je impedanční přizpůsobení

Nekonečným vedením nebo vedením zakončeným přizpůsobenou zátěží se šíří vlnění od zdroje tak, jak to vyplývá z podstaty vědem. V libovolném místě vedení si lze představit příčný řez, který je vlastně místem, kde k jedné části vedení (zdroji) je připojena druhá část vedení (zátěž). Připojí-li se v tomto místě druhá část vedení jiná zátěž s vlnovou impedancí stejnou, jako má vedení, z hlediska první části (zdroje) se nic nezmění — zdroj pracuje do stejné impedance jako při homogenním

vedení. Je-li vedení zakončeno impedancí odlišnou od jeho vlnové impedance, energie vlny postupující po vedení se nepřenese do zátěže celá, ale část se odrazí a šíří se zpět ke zdroji. Poměr odražené energie k dopadající energii se nazývá výkonový činitel odrazu. V anténní technice se obvykle pracuje s napěťovými úrovněmi, a definuje se tedy napěťový činitel odrazu jako poměr napětí odražené vlny k napětí dopadající vlny. Velikost napěťového činitele odrazu se stanoví z vlnové impedance vedení Z_0 a z impedance zátěže Z .

$$r = \left| \frac{Z - Z_0}{Z + Z_0} \right|$$

Celkové napětí podél vedení je v každém bodě součtem napětí vlny postupné a vlny odražené. Jejich fázový posun je dán vzdáleností od tohoto místa k odrazující zátěži a zpět, a je tedy v tomto bodě konstantní. Lze tedy najít místa, kde jsou napětí ve fázi, a výsledné napětí je tedy maximální, a místa, kde postupné napětí a odražené napětí jsou v protifázi, takže jejich součet je minimální. Výsledkem je stojaté vlnění, jehož maxima a minima jsou od sebe vzdálena polovinu vlnové délky. Poměr maximálního a minimálního napětí podél vedení se nazývá činitel stojatého vlnění. Mezi činitelem odrazu a činitelem stojatého vlnění je vztah

$$\sigma = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{1 + r}{1 - r} = \frac{Z}{Z_0} \quad \text{nebo} \quad \frac{Z_0}{Z}$$

Vznik stojatého vlnění na vedení je nežádoucí nejen proto, že do zátěže není předána část energie, ale také proto, že energie není podél vedení rozdělena rovnoměrně. Je totiž podstatný rozdíl, zda je místo napojení v místě maxima nebo v místě stojatých vln. Lze samozřejmě nalézt vhodnou délku vedení pro jeho připojení, ale v praxi to přináší značné komplikace.

Podobně jako se přizpůsobená zátěž jeví ze strany vedení jako jeho homogenní pokračování, nehomogenita působí na vedení stejně jako nepřizpůsobená zátěž. Nehomogenita vzniká na vedení například při přiblížení vodivých předmětů do blízkosti nestíněné dvoulinky nebo při mechanickém poškození souosého kabelu.

19. ZTRÁTY

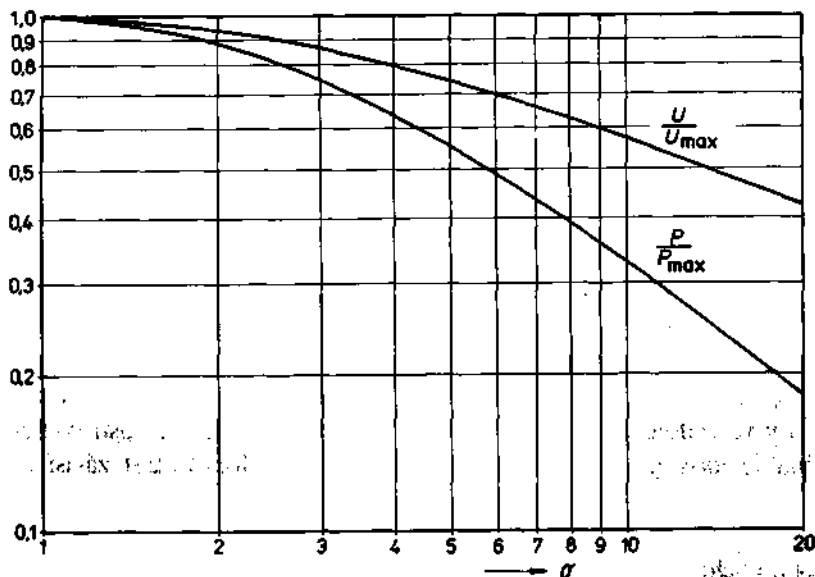
Ztráty v napájecí vznikají jednak vlivem jeho impedančního nepřizpůsobení a jednak vlivem konstrukce samostatného napáječe.

Při dokonalém přizpůsobení zátěže (příjímače) k vedení se přenese všechen výkon z napáječe do zátěže. Není-li zátěž přizpůsobena k vedení, nedostane se do zátěže plný výkon (P_{\max}), ale jen jeho část (P). Odražený výkon není v zátěži využit. Mezi činitelem stojatého vlnění na vedení a množstvím výkonu dodaného do zátěže platí vztah

$$\frac{P}{P_{\max}} = \frac{4}{2 + \sigma + \frac{1}{\sigma}}$$

Pro napětí na zátěži analogicky platí

$$\frac{U}{U_{\max}} = \frac{2}{\sqrt{2 + \sigma + \frac{1}{\sigma}}}$$

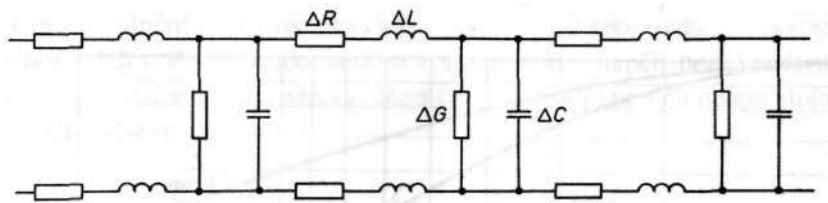


Obr. 27. Ztráta výkonu (napětí) vlivem stojatého vedení

Graficky jsou tyto závislosti vyjádřeny na obr. 27. Typickým příkladem ztrát vznikajících vlivem nepřizpůsobení je připojení sousého kabelu s vlnovou impedancí $Z_0 = 75 \text{ Q}$ na symetrický vstup přijímače s vlnovou impedancí 300 Q . Činitel stojatého vlnění $a = 300/75 = 4a$ napěťový přenos je

$$\frac{U}{U_{\max}} = \frac{2}{\sqrt{2 + 4 + \frac{1}{4}}} = \frac{2}{2,5} = 0,8, \quad \text{tj. } -1,9 \text{ dB}$$

Je-li napáječ přizpůsoben k anténě, všechen výkon odražený od vstupu přijímače se vyzáří anténou zpět do prostoru. Není-li spojení antény s napáječem bezodrazové, odrazí se část výkonu do zátěže a vzniknou vícenásobné odrazy. Vzhledem k tomu, že na vědem je stojaté vlnění, záleží výsledný přenos energie vedení na délce vedení. Vícenásobné odrazy však vždy zhoršují kvalitu signálu, což se projeví zejména u delších napáječů. Degradace obrazu je podobná jako při interferenci přijímaného signálu se signálem odraženým od okolního terénu (či. 12, obr. 17).

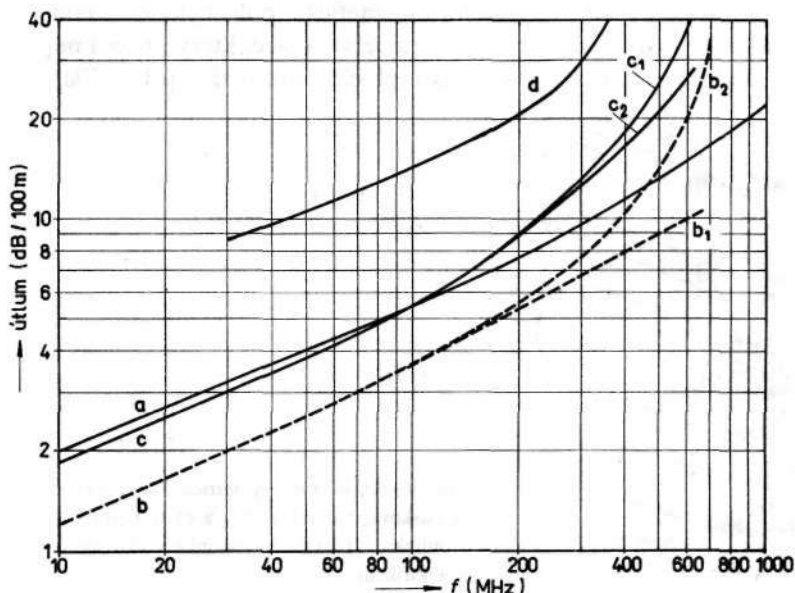


Obr. 28. Náhradní schéma vedení se ztrátami

Zatímco ztráty signálu nepřizpůsobením napáječe je možné odstranit správnou instalací, ztráty v samostném napáječi jsou dány jeho konstrukcí a je nutné vždy s nimi počítat. Na obr. 28 je náhradní schéma skutečného symetrického vedení. Oproti ideálnímu vedení (obr. 25) jsou zde navíc parazitní sériové odpory ΔR a parazitní paralelní vodivosti ΔG . Je vidět, že ztráty ve vedení jsou způsobeny jednak nedokonalou vodivostí vodičů a jednak nedokonalostí dielektrika mezi vodiči. Velikost ztrát závisí na délce vedení, proto se ztráty udávají v decibelech na jednotku délky, nejčastěji v dB/100 cm. Vysokofrekvenční odpor vodičů se s časem výrazně nemění, takže jeho vliv na ztráty je dán konstrukcí vedení, např. kvalitou opletení sousého kabelu, provedením středního vodiče (svazek tenkých

vodičů, tzv. licna, má větší vř odpor než hladký vodič) atd. Kvalita dielektrika, určující paralelní vodivosti, se časem zhoršuje, dielektrikum stárne. Příkladem může být dvoulinka vystavená povětrnostním vlivům, na jejímž povrchu se zejména v průmyslových oblastech usazují nečistoty, a dále nevhodný souosý kabel vystavený dlouhodobému slunečnímu záření, do kterého může pronikat i vlhkost.

Typické průběhy ztrát v jednotlivých případech jsou nakresleny na obr. 29.



Obr. 29. Kmitočtová závislost útlumu vysokofrekvenčních vedení

a – souosý kabel, b – nová dvoulinka, b_1 – volně visící, b_2 – na izolačních rozpěrkách 95 mm od stěny, c – dvoulinka po třech letech, c_1 – volně visící, c_2 – na izolačních rozpěrkách 95 mm od stěny, d – dvoulinka po jednom roce v městském ovzduší

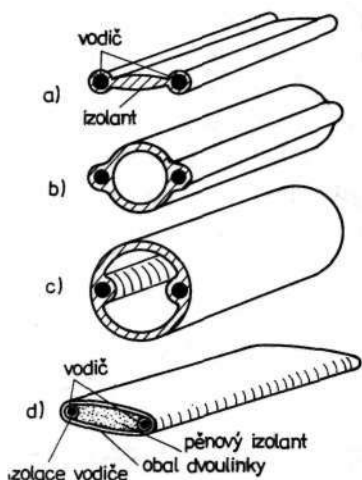
20. ČINITEL ZKRÁCENÍ

Rychlost, jakou se energie šíří vysokofrekvenčním vedením, závisí na konstrukci vedení; vždy je však poněkud menší než rychlost ve volném prostoru. Proto je vlnová délka vlnění kratší než vlnová délka vlnění se stejným kmitočtem ve volném prostoru. Tuto skutečnost je třeba respek-

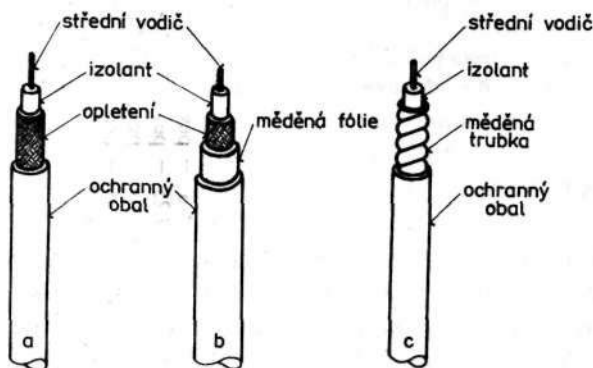
tovat vždy, používá-li se úsek vedení s předepsanou délkou. Proto se zavádí ještě jedna veličina charakterizující vedení — činitel zkrácení. Činitel zkrácení je poměr vlnové délky na vedení k vlnové délce ve volném prostoru.

21. PŘÍKLADY PRŮMYSLOVÉ VYRÁBĚNÝCH NAPÁJEČŮ

Průmyslově vyráběné napáječe se liší svým provedením, svým určením a cenou. Na obr. 30 různé typy dvoulinek. Složitější tvary průřezu jsou voleny tak, aby elektromagnetické pole bylo co nejméně ovlivňováno vnějším povrchem dielektrického nosiče, který působí nepříznivě z hlediska ztrát. Nejjednodušší plochá dvoulinka (obr. 30a) ve



Obr. 30 Různé typy symetrického vedení
a) pásková dvoulinka, b) a c) tubulární dvoulinka, d) oválná dvoulinka s pěnovým dielektrikem



Obr. 31. Typy souosého kabelu
a) jednoduché opletení, b) s měděnou fólií, c) se svařovaným pláštěm

většině případů vyhoví jen v I. až III. televizním pásmu; ve IV. a V. televizním pásmu je její útlum tak velký, že se tato dvoulinka nemůže použít. Barva dielektrického nosiče není rozhodující a neoznačuje jeho vlastnost nebo určení.

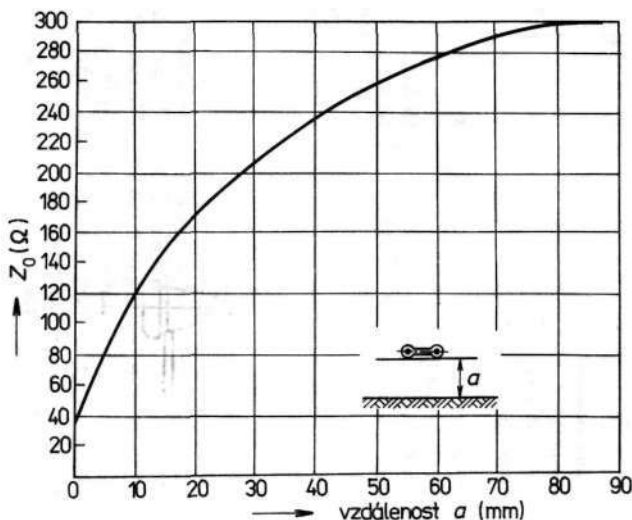
Na obr. 31 jsou tři typická provedení souosého kabelu. Souosé kabely se liší také dielektrikem, kterým jsou plněny (tuhé a pěnové), a kvalitou vnějšího ochranného pláště (odolnost proti povětrnostním vlivům). Z řady běžných sériových kabelů se vymykají kabely pro televizní kabelové rozvody (obr. 31c). Jejich vnější plášť je tvořen svařovanou trubkou, která je šroubovicově zvlněna, aby ji bylo možné ohýbat. Tyto kabely jsou určeny pro přímé uložení do výkopu, a proto jsou velmi odolné proti vlivu prostředí.

Význačné parametry vysokofrekvenčních vedení jsou zachyceny v tab. 3.

22. VOLBA NAPÁJEČE

Při volbě druhu napáječe je třeba zvážit přednosti a nedostatky jednotlivých druhů v konkrétních podmínkách.

Výhodou symetrického svodu je jednoduchost jeho připojení k anténě, neboť naprostá většina antén v I. až V. televizním pásmu má symetrickou



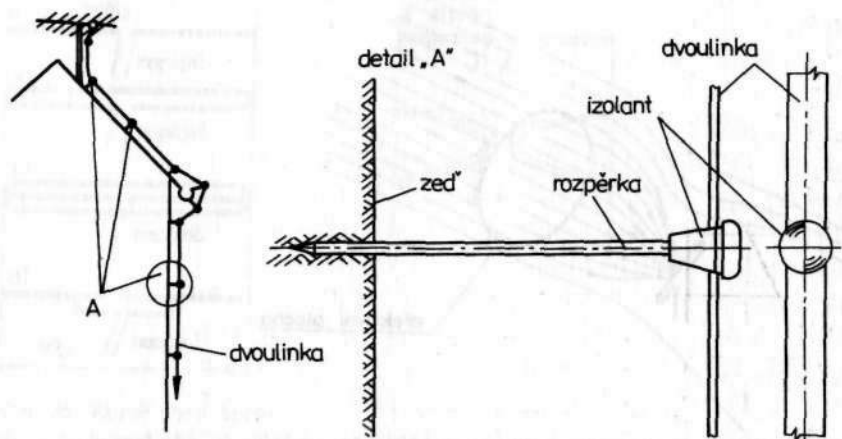
Obr. 32. Zmenšení vlnové impedance dvoulinky v blízkosti vodivého předmětu

impedanci 300 Q. Na straně přijímače již výhoda není jednoznačná, neboť moderní typy přijímačů bývají vybaveny pouze souosými vstupy.

Ztráty ve dvou vodičovém vědem jsou v I. až III. televizním pásmu výrazně menší než ztráty v souosém vědem. Ve IV. a V. pásmu plochá dvoulinka již nevyhovuje z hlediska útlumu. Útlum oválné (popř. tubulární) dvoulinky je srovnatelný s útlumem souosého vedení. Důležitou skutečností je, že je-li svod vystaven povětrnostním vlivům, jeho parametry se v průběhu času zhoršují. Výrazněji se stárnutí projevuje u symetrických napáječů, zejména u ploché dvoulinky. Zkušenosti ukazují, že po jednom roce až po dvou letech instalace v městské zástavbě nemívá ani v I. až III. televizním pásmu symetrický svod menší ztráty než svod souosým kabelem.

Nezbytnou podmínkou dosažení malých ztrát nestíněného symetrického svodu je správná instalace. Vzhledem ke způsobu šíření elektromagnetického pole je škodlivé, zasahují-li okolní předměty, zejména vodivé, do blízkosti svodu. V blízkosti překážky se totiž zmenšuje impedance vedení, takže dochází ke ztrátám odrazem výkonu (obr. 32). Při montáži není tedy možné vést nestíněnou dvoulinku instalačními trubkami nebo pod omítkou a je třeba zabránit dotyku svodu zejména s anténním stožárem, s hranou okapu atd. Vyhovující způsob montáže — s distančními rozpěrkami — je na obr. 33.

Při použití souosého kabelu problémy při instalaci odpadají. Povětrnostní vlivy, zejména sluneční záření, je však třeba brát v úvahu; pro části



Obr. 33. Příklad vedení dvoulinky podél budovy

vystavené nepříznivým vlivům je nutné používat souosý kabel se zvláštní povrchovou ochranou (např. s polyetylenovým pláštěm mezi opletením a ochranným obalem) nebo kabel se svařovaným pláštěm, určený pro televizní kabelové rozvody (např. VCCZE 75-6,4 obr. 31c).

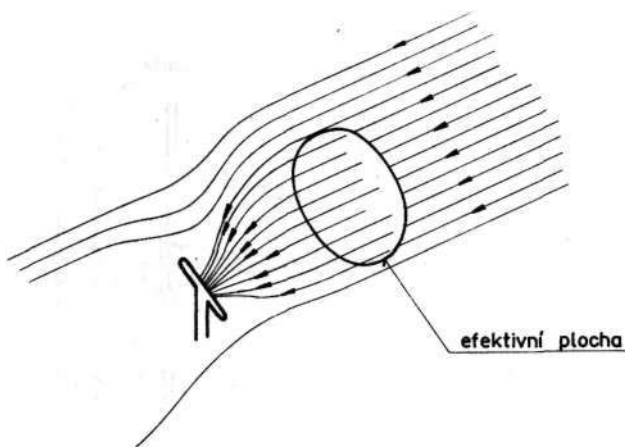
Je-li svod veden v místech ohrožených vysokofrekvenčním rušením, je vhodné volit kabel s měděnou fólií (obr. 31b), kabel pro televizní kabelové rozvody nebo alespoň typ s hustým opletením.

Některé typy souosých kabelů mívají střední vodič tvořený svazkem tenkých vodičů — tzv. licnou. Takové kabely se snáze ohýbají, ale mají větší útlum než kabely s jedním středním vodičem. Většinou jsou určeny pro účastnické šňůry nebo pro podobné krátké spojky.

Závěrem lze shrnout, že pro trvalou montáž je ve všech televizních pásmech výhodné použít souosý svod. Je-li svod vystaven povětrnostním vlivům, musí být povrchově chráněn. Nejvhodnější je použití kabelu pro televizní kabelové rozvody, ale v praxi mohou nastat obtíže s jeho mechanickou nepoddajností a s požadavkem velkých poloměrů ohybu.

23. PRINCIP PŘIJÍMACÍCH ANTÉN

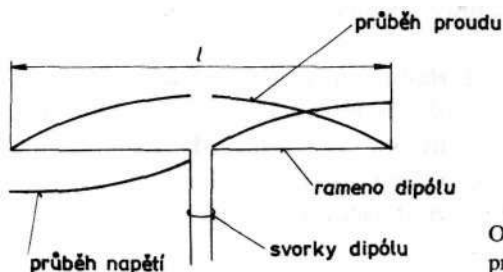
Přijímací anténa odebírá z elektromagnetického pole část jeho energie a předává ji do napáječe. Princip činnosti antény spočívá v tom, že anténa svou přítomností deformuje pole dopadající vlny tak, že tok energie směřuje do svorek antény. Na obr. 34 je schematicky znázorněn



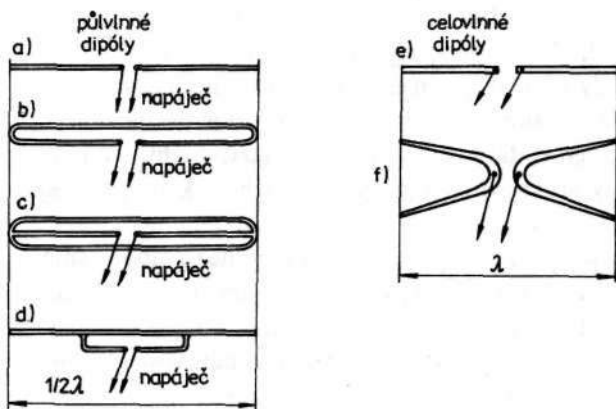
Obr. 34. Přijímací anténa v poli rovinné vlny; do antény přejde energie, která prošla vymezenou plochou — efektivní plochou antény

tok energie v rovinné vlně v přítomnosti antény. Je vidět, že množství energie, která přejde do antény, je úměrné velikosti vyznačené **plochy**, tzv. efektivní plochy (náhradní plochy) antény. Velikost efektivní **plochy** antény závisí na míře deformace dopadajícího pole. Deformace je způsobena tím, že v anténě se indukuje elektrický proud, který na **pole** zpětně působí. V praxi se k výkladu činnosti antény používají oba přístupy; představu efektivní plochy antény je výhodné uplatňovat zejména u reflektorových antén, funkci antén dipólového typu je vhodnější popisovat prostřednictvím indukovaných proudů..

Ramena dipólové antény (obr. 35) vodivě spojují místa prostoru, mezi nimiž je v poli rovinné vlny elektrického napětí úměrné intenzitě pole a rozměru dipólu. Toto napětí vyvolá elektrický proud procházející dipólem. Proudový vzruch se šíří vodičem (ramenem dipólu) **konečnou rych-**



Obr. 35. Elektrický proud procházející dipólem



Obr. 36. Různé tvary dipólu

a) a e) jednoduchý, b) skládaný, c) skládaný s dvojitým ramenem, d) napájený bočním, f) skupinový (dvě patra)

lostí. Je-li dipól dlouhý tak, že doba, za kterou proud projde z jednoho konce dipólu na druhý, je stejná jako perioda kmitů elektromagnetického vlnění, říkáme, že dipól má rezonanční délku. Osamocený tenký dipól je v rezonanci, je-li jeho délka násobkem poloviny vlnové délky přijímané vlny. Nejčastěji se používá dipól půlvlnný (délka je $X/2$) nebo celovlnný (délka je X). Z praktických důvodů se kromě jednoduchého dipólu používají skládané dipóly nebo i jinak tvarované dipóly (obr. 36). V některých ze svých podob bývá dipól stavebním prvkem většiny antén pracujících v I. až V. televizním pásmu.

24. VLASTNOSTI PŘIJÍMACÍCH ANTÉN

Funkční vlastnosti antén lze charakterizovat několika veličinami. Nejdůležitější jsou směrovost, činitel zpětného příjmu, zisk, impedance a širokopásmovost.

Z teorie vyplývá úzký vztah mezi vlastnostmi přijímací antény a vysílací antény. Tento fakt se odráží v používaném názvosloví. Mluvíme např. o vstupní impedanci přijímací antény, přestože z hlediska toku výkonu přijímací antény je tato impedance vlastně výstupní, v literatuře se často používá pojem vyzářovací diagram přijímací antény atd.

a) Směrovost antény

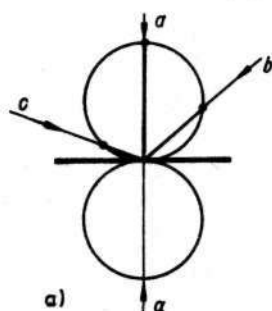
Požadavek na směrovost antény vyplývá z toho, že v místě příjmu se zpravidla skládá přímý signál od vysílače se signály odraženými (obr. 16). Vzhledem k tomu, že dráha přímého signálu je kratší než dráha signálu odraženého, jsou signály v místě přijímací antény navzájem časově posunuty. V lepším případě se obraz televizoru synchronizuje podle silnějšího signálu a slabší signál vytvoří další obrysy v obrazu (tzv. duchy). V horším případě, mají-li signály srovnatelnou intenzitu, dochází k rozpadu synchronizace a k nestabilitě odrazu.

Anténa, která přijímá signál z jednoho směru lépe než z jiných směrů, se nazývá směrová anténa. Použitím takové antény je možné vliv nežádoucích signálů podstatně omezit nebo ho úplně odstranit. Směrové vlastnosti antény se nejčastěji znázorňují diagramem poměrné směrovosti. V něm je graficky znázorněna velikost napětí na svorkách antény v závislosti na úhlu, pod kterým dopadá na anténu rovinná vlna (samozřejmě s konstantní intenzitou). Pro znázornění se používá buď pravouhlá souřadnicová soustava, nebo polární souřadnicová soustava. Použití polární souřadnicové

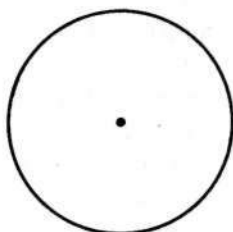
vé soustavy je názornější a její nevýhoda — malá přesnost při čtení v blízkosti středu — není v obvyklých aplikacích závažná.

Při posouzení antén podle diagramu poměrné směrovosti je třeba rozlišovat, zda je napětí vynášeno ve voltech nebo v decibelech; záměna bývá často zdrojem nedorozumění.

Na obr. 37 jsou směrové diagramy půlvlnného dipólu v rovině dipólu a v rovině kolmé na dipól. V rovině kolmé na dipól přijímá dipól všesměrově — směrový diagram je kružnice. V rovině dipólu záleží na úhlu, pod nímž vlna na dipól dopadá. Nejvyšší napětí na svorkách dipólu je, dopadá-li vlna kolmo na dipól. Při šikmém dopadu je napětí přibližně úměrné průmětu dipólu do čela vlny. V polárních souřadnicích má tedy diagram směrovosti tvar osmičky s osou kolmo k dipólu.



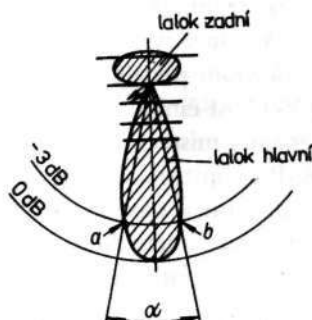
a)



b)

Obr. 37. Směrový diagram dipólu

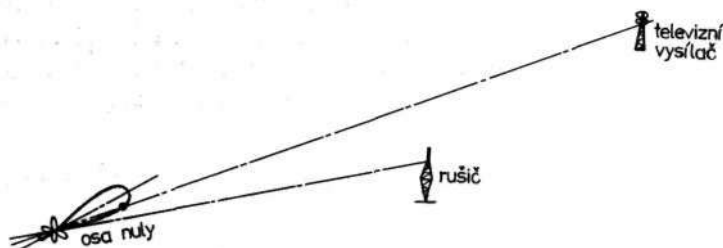
a) v rovině dipólu, b) v rovině kolmé na dipól
(v rovině kolmé na dipól je dipól všesměrový)



Obr. 38. Vyznačovací diagram

antény s větší směrovostí; úhel α se nazývá třídécibellová šířka svazku

Přidáním dalších prvků k dipólu je možné směrový diagram výrazně ovlivnit a zlepšit směrovost antény. Směrový diagram se přitom rozpadne na hlavní lalok a na postranní laloky. Mírou směrových vlastností je velikost úhlu (označeno α na obr. 38), v jehož rozsahu neklesne napětí na anténě o více než 3 dB (70,8 %, tj. 50 % pokles výkonu), tzv. třídécibellová šířka hlavního svazku. Jednotlivé laloky směrového diagramu jsou odděleny místy minimálního příjmu, kterým se říká směry nulového příjmu. Polohy takového směru lze využít při potlačení nežádoucího signálu (obr. 39). Potlačení nežádoucího signálu může být větší, je-li anténa k rušivému signálu směřována nulovým směrem i za cenu, že užitečný signál nedopadá ve směru hlavního maxima.



Obr. 39. Využití směru nulového příjmu k potlačení rušivého signálu

b) Činitel zpětného příjmu

Činitel zpětného příjmu je poměr napětí na svorkách antény při příjmu ve směru hlavního maxima k napětí při příjmu ve směru maxima největšího postranního laloku v zadní části směrového diagramu. Tento směr obvykle nesplývá s osou hlavního laloku, takže někdy používaný název předozadní poměr není zcela správný.

Velikost činitele zpětného příjmu výrazně ovlivňuje kvalitu výsledného signálu v místech vícenásobného příjmu, typických např. v městské zástavbě. Při konstrukci antén nejvíce ovlivňuje velikost činitele zpětného příjmu počet správně nastavených reflektorů nebo odrazová stěna. Při spojení dvou nebo více antén do anténní soustavy se činitel zpětného příjmu anténní soustavy v porovnání s osamocenou anténou téměř nezmění.

c) Zisk

Zisk antény udává, kolikrát větší napětí dodá na své svorky anténa přijímající ve směru svého hlavního maxima v porovnání s referenční anténou. Obvyklou referenční anténou v pásmu decimetrových vln je normalizovaný půlvlnný dipól. Někdy se používá také izotropní (všesměrový) zářič nebo elementární dipól. Zisky antén uvádí následující tabulka.

Zářič	Všesměrový	Elementární dipól	Půlvlnný dipól
Všesměrový	$G = 1$ (0 dB)	$G = 1,5$ (1,76 dB)	$G = 1,64$ (2,15 dB)
Elementární dipól	$G = 0,666$ (-1,76 dB)	$G = 1$ (0 dB)	$G = 1,09$ (0,39 dB)
Půlvlnný dipól	$G = 0,61$ (-2,15 dB)	$G = 0,91$ (-0,39 dB)	$G = 1$ (0 dB)

Půlvlnný dipól lze na rozdíl od ostatních vztažných antén v I. až V. televizním pásmu snadno realizovat, takže se všeobecně dává přednost údajům vztaženým k němu. Nicméně někteří výrobci udávají zisk antén vzhledem k izotropnímu zářiči, neboť jeho číselná hodnota je o 2,15 dB vyšší.

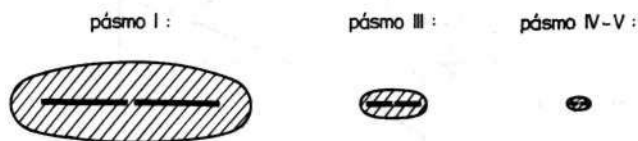
Zisk antény G vzhledem ke všesměrovému zářiči je úměrný velikosti její efektivní plochy A_{ef} . Platí

$$G = \frac{4\pi}{\lambda^2} A_{ef}$$

Víme-li například, že napěťový zisk půlvlnného dipólu vzhledem k izotropní anténě je 2,15 dB, je velikost jeho efektivní plochy

$$A_{ef} = 0,41 \frac{\lambda^2}{\pi}$$

V tomto případě má efektivní plocha tvar elipsy s osami dlouhými $\frac{1}{2}\lambda$ a $\frac{3}{4}\lambda$ (obr. 40). Závislost velikosti plochy na vlnové délce vyjadřuje pokles účinnosti antén ve vyšších pásmech.



Obr. 40. Efektivní plochy dipólu v různých pásmech

Je-li známa efektivní plocha antény, je možné určit vztah mezi intenzitou elektického pole a napětím na svorkách antény zakončené přizpůsobenou zátěží. Pro půlvlnný dipól s impedancí 300 Q (např. skládaný dipól) platí

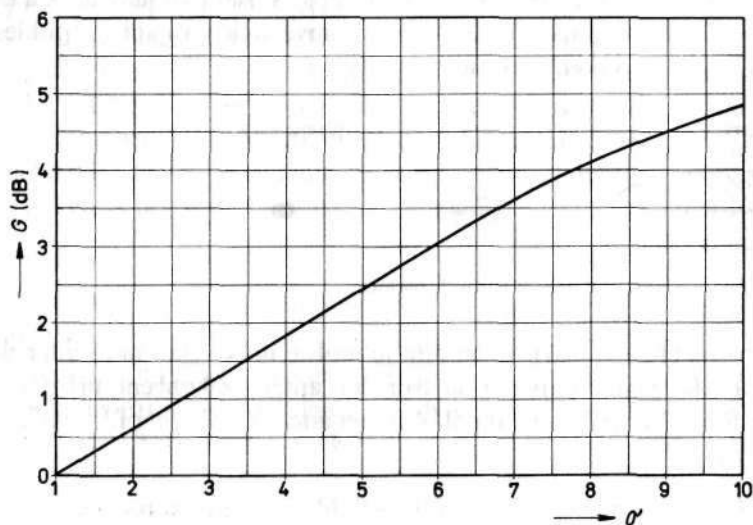
$$U_{ant} = 0,644 \lambda E \quad (\mu V; m, \mu V/m)$$

Napětí jiné antény s impedancí 300 Q bude při stejné intenzitě elektrického pole větší o její zisk.

d) Impedance

Poměr napětí k proudu na svorkách antény se nazývá vstupní impedance antény. Velikost impedance je významná, neboť má vliv na přizpůsobení antény k napájecí (či. 18). Impedance antény je obecně komplexní,

skládá se z reálné části (činný odpor) a z imaginární části (jalových složek). Je-li např. dipól v rezonanci, má impedanci čistě reálnou; je-li dipól poněkud delší než $X/2$, má jalová složka indukční charakter (+j); je-li dipól kratší než $X/2$, má jalová složka charakter kapacitní (−j). Z požadavku přizpůsobení vyplývá, že je žádoucí, aby výsledná impedance antény byla čistě reálná. Ideální tenký půlvlnný dipól umístěný ve volném prostoru má impedanci 73,13 Q. To je nevýhodné z hlediska připojení k napájecí se standardní vlnovou impedancí a navíc, přiblíží-li se dipól k okolním předmětům, jeho impedance rychle klesá. To je zdrojem závažných problémů při konstrukci složitějších antén, kde se uplatňuje vliv okolních prvků. Impedanci dipólu je možné zvětšit bočníkovým napájením (obr. 36d) nebo použitím skládaného dipólu (obr. 36b, c). Volbou počtu vodičů a jejich vzdálenosti a poměrem jejich tloušťek lze měnit vstupní impedanci dipólu v širokých mezích.

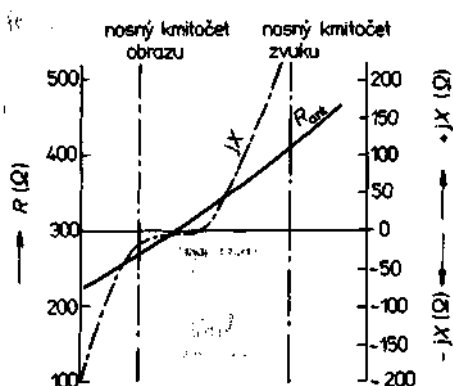


Obr. 41. Pokles skutečného zisku antény vlivem impedančního nepřizpůsobení

Častěji než údaj o impedanci antény se udává činitel stojatého vlnění při spojení antény s vedením se standardní impedancí. Přijatelná hodnota je $\sigma < 1,5$; větší hodnoty σ mají za následek zmenšení zisku antény a jsou zdrojem dalších komplikací (či. 18). Pokles zisku antény vlivem nepřizpůsobení je znázorněn na obr. 41.

e) Širokopásmovost

Zisk antény a zejména její impedance závisejí na kmitočtu přijímané vlny. Širokopásmovost antény udává, v jakém rozsahu se může měnit přijímat přijímaný kmitočet, aniž by se podstatně změnily vlastnosti antény. Tento údaj je důležitý při konstrukci antén pro skupinu kanálů nebo pro celé pásmo a je významný i u antén pro příjem signálu jednoho kmitočtu. Na obr. 42 je průběh činné a jalové složky impedance půlvlnného skládaného dipólu. V rozsahu jednoho televizního kanálu se impedance mění natolik, že při rigorózním posuzování je samotný dipól nepoužitelný. V praxi se samozřejmě samotný dipól používá pouze v místech silného signálu, takže ztráty nepřizpůsobením nejsou rozhodující.



Obr. 42. Průběh impedance dipólu v rozmezí jednoho televizního kanálu

25. VZÁJEMNÉ SOUVISLOSTI MEZI PARAMETRY ANTÉN

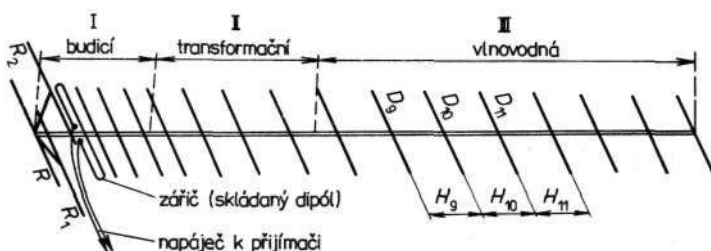
Jednotlivé veličiny popsané v minulém článku spolu navzájem souvisejí a při konstrukci antény jsou výsledné hodnoty kompromisem mezi požadavky a možnostmi realizace. Nelze například zkonstruovat širokopásmovou anténou s velkým ziskem a s přijatelnými rozměry a stejně tak malou anténu s velkým ziskem.

Antény s větším ziskem mají zpravidla užší hlavní lalok a jsou směrovější než antény s menším ziskem, ale není jednoznačná závislost mezi těmito veličinami a např. činitelem zpětného příjmu. Můžeme si představit diagram poměrné směrovosti, který má vedle velmi úzkého hlavního svazku postranní laloky s relativně vysokou úrovní. Anténa s takovým diagramem je vhodná pro příjem v místě, kde rušivý signál dopadá ve směru

málo odchýleného od směru užitečného signálu, ale má menší zisk než anténa, jejíž hlavní lalok je sice širší, ale která má více potlačené postranní laloky. Přesné porovnání zisku antén podle směrových diagramů je možné na základě podílů ploch vymezených v diagramu úhlových sektorem menším než třidecibelová šířka svazku a plochy vymezené celým diagramem. Většího zisku nebo lepších směrových vlastností antén se zpravidla dosahuje zvětšováním počtu prvků antén, což s sebou nese zmenšení šířky pásma antény. Respektuj e-li se požadavek na udržení šířky pásma, musí se při přidávání prvků kompenzovat kmitočtová závislost na úkor zvětšování zisku. Podobné skutečnosti platí i pro činitel zpětného příjmu. Platí, že úzkopásmová anténa má při stejném uspořádání reflektoru vždy lepší činitel zpětného příjmu než anténa širokopásmová.

26. ANTÉNA TYPU YAGI

Anténní strukturu skládající se z dipólového zářiče, reflektoru a soustavy direktorů navrhli v r. 1926 japonští vědci H. Yagi a S. Uda. Pro svou jednoduchou konstrukci, snadnou reprodukovatelnost a dobré elektrické vlastnosti se antény Yagi staly nejpoužívanějšími v pásmech VKV. Na obr. 43 jsou vyznačeny prvky antény Yagi a jejich základní rozměry.



Obr. 43. Anténa Yagi — hlavní části a označení

Za přijímacím dipólem (zářičem) je umístěn reflektor tvořený jedním prvkem nebo několika prvky, popř. reflektorovou stěnou, před zářičem jsou umístěny direktory. Stanovení délek jednotlivých prvků a jejich vzájemných vzdáleností není díky vazbám mezi nimi jednoznačné; zvolené řešení má vliv na výsledné vlastnosti antény (či. 24). Optimalizace rozměrů antény s ohledem na požadované vlastnosti je velice obtížná. Pro větší počet prvků než tři bylo donedávna možné provádět optimalizaci

rozměrů antény pouze experimentálně, pomocí empirických vzorců a pouček. Až rozvoj výpočetní techniky umožnil teoreticky zvládnout i návrh složitějších antén. Ve většině případů proto při amatérské stavbě antén nelze doporučit experimentování s rozměry realizované antény.

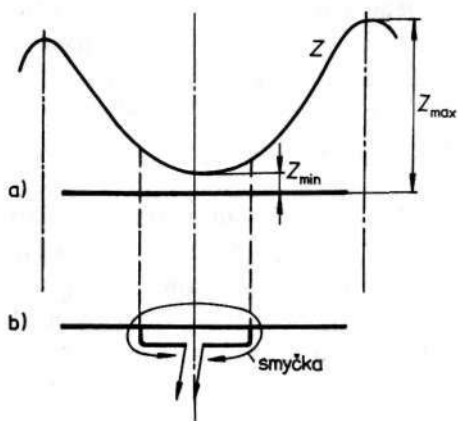
Antény typu Yagi patří do skupiny antén s povrchovou vlnou. Na obr. 43 jsou vymezeny význačné oblasti antény z hlediska její funkce — vlnododavá část, transformační část a obvod zářiče. Jednotlivé stavební prvky antény jsou zářič, reflektor a direktory.

a) Zářič

Zářič antény Yagi je většinou tvořen půlvlnným dipólem, zřídka celovlnným dipólem. Jak již bylo uvedeno, impedance jednoduchého dipólu je malá a nevyhovuje. Zvětšení impedance se dosahuje vytvořením skládaného dipólu. Princip zvětšení impedance spočívá v tom, že paralelní prvek odvádí část proudu procházející dipólem mimo svorky antény. Předpokládáme-li pro jednoduchost, že celkový proud procházející dipólem je u jednoduchého dipólu i u skládaného dipólu stejný, prochází přizpůsobenou zátěží skládaného dipólu při použití vodičů se stejným průřezem poloviční proud. Z požadavku stejného výkonu předaného do zátěže plyne

$$P = Z_{\text{jedn}} I^2 = Z_{\text{skl}} \left(\frac{I}{2} \right)^2$$

takže impedance skládaného dipólu vyjde čtyřikrát větší, což odpovídá požadavku symetrického napáječe s impedancí 300 Ω. Zvětší-li se podíl



Obr. 44. Impedance dipólu, napájeného bočníkem; v zásadě je možné měnit impedanci mezi Z_{\min} a Z_{\max}

proudu procházejícího celistvým dipólem tím, že se volí tlustší nebo dvojitý dipól (obr. 36c), impedance skládaného dipólu se zvětší.

Druhou možností, jak upravit impedanci dipólu, je bočníkové napájení (obr. 33d). Odebírá-li se výkon z bodů vzdálenějších od středu dipólu, prochází zátěží menší proud (obr. 35) při větším napětí. Graficky je průběh impedance podél dipólu znázorněn na obr. 44a. Je-li ovšem rozpětí bočníku větší, uplatňuje se indukčnost jeho přívodů. To je třeba kompenzovat, např. zařazením paralelního kondenzátoru (obr. 44b) laděného do rezonance na požadovaném kmitočtu. To je zdrojem obtíží, neboť v amatérských podmínkách je nesnadné stanovit dostatečně přesně hodnotu parazitní indukčnosti a u průmyslově vyráběných antén s bočníkovým napájením se projevuje časová nestálost kapacity. Další nevýhodou dipólu napájeného bočníkem je nesnadná mechanická montáž na ráhno antény. U moderních antén Yagi se z těchto důvodů dává jednoznačná přednost skládaným dipólům.

Zisk zářiče nemá vliv na zisk celé antény, významný je však vliv zářiče na výslednou impedanci.

b) Reflektor

U vysílací antény je úkolem reflektoru soustřeďovat energii vyzařovanou zářičem směrem k direktorům a tedy do směru vysílání. Analogicky u přijímací antény je možné vysvětlit činnost reflektoru tak, že odráží zpět tu část energie, která nebyla zachycena zářičem, a tím zvětšuje zisk. Z jiného hlediska reflektor „odstiňuje“ zářič od energie dopadající ze zadního směru, a tím zvětšuje činitel zpětného příjmu (zmenšuje podíl nežádoucího signálu).

Délka jednoprvkového reflektoru a jeho vzdálenost od zářiče musí být takové, aby proudy procházející reflektorem byly v protifázi vzhledem k zářiči, neboť pak dochází k odrazu. Reflektor tedy musí být vzdálen $0,15 \lambda$ až $0,25 \lambda$ od zářiče a musí být o něco delší než $0,5 \lambda$. Několikaprvkové reflektory jsou více širokopásmové, délka jejich prvků již není tak kritická.

Pro širokopásmové antény Yagi pro IV. a V. televizní pásmo se někdy používá úhlový reflektor. Tvar reflektoru zde vhodným způsobem kompenzuje kmitočtovou závislost vlastností ostatních částí antény.

Reflektor zvětšuje zisk antény tím, že odráží energii, která by jinak minula zářič. Rozhodující vliv má reflektor na velikost činitele zpětného příjmu.

c) Direktory

Třetí skupinou prvků antény Yagi jsou direktory. Direktory umožňují vznik vlny vedené podél antény, takže se zvětšuje prostorová oblast, z níž energie může přejít do napáječe, a tedy i efektivní plocha antény (a zisk). Jednotlivé direktory jsou v podstatě dipóly se zkratovanými svorkami. Vlna přijatá direktorem se od tohoto místa zkratu odráží a je zpět vyzářena s fázovým zpožděním daným délkou direktoru. Jsou-li vzájemné rozteče direktorů v souladu s fázovými posuny vyzařovaných vln, vznikne vedená vlna, která energii s přispěním reflektoru předá prostřednictvím zářiče do napáječe. Rozměry, počet a vzájemné rozteče direktorů mají rozhodující vliv na směrové vlastnosti antény.

Z mechanismu vzniku vedené vlny vyplývá, že stejného zisku lze dosáhnout buď anténou s kratšími direktory s menším rozestupem, nebo anténou s delšími direktory s větším rozestupem (samozřejmě v přijatelných mezích). Nejednoznačnost vztahu mezi ziskem antény a uspořádáním direktorů ukazuje, že výsledný tvar antény lze v širokých mezích optimalizovat různými kombinacemi délek a uspořádáním direktorů.

Postupným zkracováním direktorů směrem od zářiče a postupným zvětšováním jejich roztečí je možné zvětšit potlačení postranních laloků a dosáhnout větší šířky pásma.

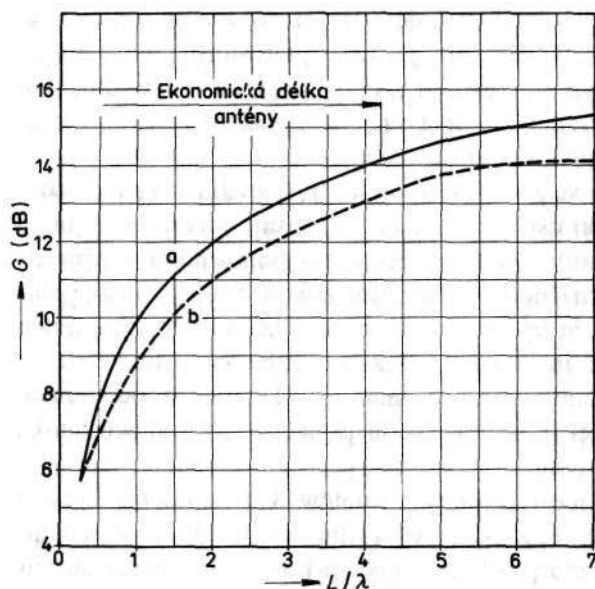
Význačné postavení mezi direktory zaujímá kompenzační direktor umístěný nejbližší zářiče. Ten má největší vliv na výslednou impedanci zátěže, takže je možné jeho polohou vzhledem k zářiči kompenzovat vliv ostatních prvků antény na jeho impedanci. Vzdálenost kompenzačního direktoru od zářiče vychází zpravidla podstatně menší než rozteče ostatních direktorů, jeho délka bývá kratší než délka direktoru druhého v pořadí.

d) Zisk antény Yagi

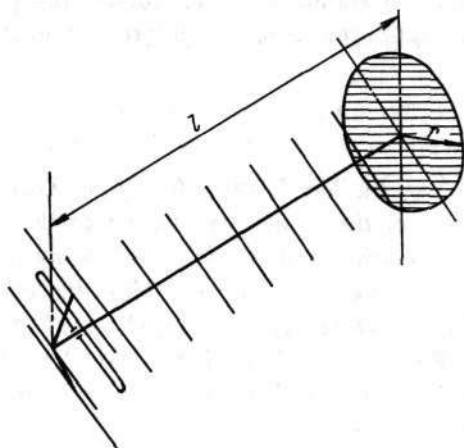
Rozhodující vliv na zisk antény Yagi má její délka podél ráhna. Závislost maximálního dosažitelného zisku na délce antény (vztahené k vlnové délce) je na obr. 45 vyznačena plnou čarou. Je vidět, že od jisté délky již zvětšování zisku antény nevytváří komplikace plynoucí z jejího dalšího prodlužování. V praxi je zisk antény zpravidla menší, jeho hodnota spadá do oblasti vyznačené na obr. 45. Posuzování zisku antény podle počtu prvků je méně vhodné, neboť stejného maximálního zisku antény dané délky lze dosáhnout různým počtem prvků.

Efektivní plocha antény Yagi má tvar kruhu s poloměrem r závislým na kmitočtu a zisku antény (obr. 46) podle vztahu

$$r(G, \lambda) = \frac{\lambda}{4\pi} 10^{G/20} \quad (\text{m: m. dB})$$



Obr. 45. Teoretické meze zisku antény Yagi
a – dosažitelné maximum, b – obvyklý zisk



Obr. 46. Tvar efektivní plochy antény Yagi

Do myšleného válce vymezeného efektivní plochou podél osy antény asi $1/2\lambda$ směrem dozadu a nejméně 3λ směrem dopředu by neměly zasahovat žádné překážky, protože jinak dochází k výraznému zhoršení vlastností antény.

27. REFLEKTOROVÁ ANTÉNA

Reflektor antén Yagi je součástí budící části antény a podílí se na přenosu energie povrchové vlny do svorek antény. Nabízí se myšlenka odebrat vhodným reflektorem energii přímo z rovinné vlny, soustředit ji do malého prostoru a odtud ji odvést do napáječe (tedy způsobem obvyklým v optice).

Na obr. 47a je parabolická anténa pro použití v mikrovlnném pásmu (VI. televizní pásmo). Vzhledem k tomu, že průměr reflektoru je podstatně větší než vlnová délka (typicky $d > 1\text{ m}$, $\lambda \sim 3\text{ cm}$), existuje analogie mezi anténou a optickým reflektorem (obr. 47b), tedy plocha ústí reflektoru tvoří přibližně její efektivní plochu.

Příčný rozměr reflektorových antén používaných ve IV a V. televizním pásmu je s přijímanou vlnovou délkou srovnatelný (nelze použít optický přístup), nicméně základní princip reflektorové antény je stejný.

a) Reflektorové antény pro VI. televizní pásmo

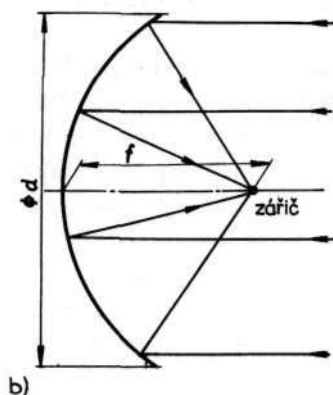
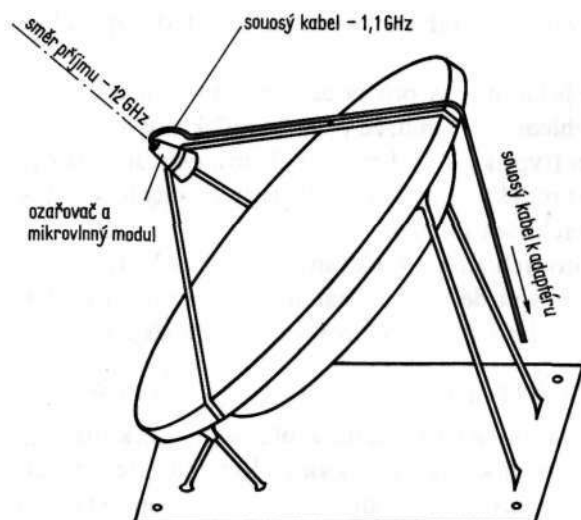
Mikrovlnná reflektorová anténa se skládá z hlavního reflektoru, primárního zářiče a popř. pomocného reflektoru. Reflektor je zásadně tvořen souvislou příslušně tvarovanou vodivou plochou. Jednotlivé „paprsky“ musí na primární zářič dopadat ve fázi a to klade značné nároky na přesnost tvaru reflektoru. Případné nerovnosti by měly být menší než $\lambda/16$, tj. 1,6 mm.

Nejčastěji používaný primární zářič je trychtýřová anténa (obr. 48) ve spojení s vlnovodovým napájecím traktem. Trychtýřovou anténu lze považovat za bodový zdroj záření vyzařující kulové vlny. Z toho vyplývá požadavek na tvar reflektoru — musí být tvořen rotačním paraboloidem. Při použití jiných primárních zářičů může být optimální použití jiného tvaru reflektoru, ale pro příjem družicové televize se jiné tvary reflektorů nepoužívají.

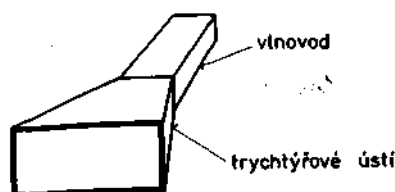
Tvar parabolického reflektoru je charakterizován poměrem ohniskové vzdálenosti reflektoru k jeho průměru, f/d . Čím je tento poměr menší, tím je reflektor mělkší. To je výhodné z hlediska vyzařování; větší vzdále-

nost zářiče od reflektoru však přináší mechanické komplikace. Vždy je třeba respektovat vyzařovací diagram primárního zářiče, aby jím byl ozářen celý reflektor, ale aby nedocházelo k přezařování přes jeho okraj. Typickou hodnotou f/d antén pro individuální příjem družicové televize je 3,5.

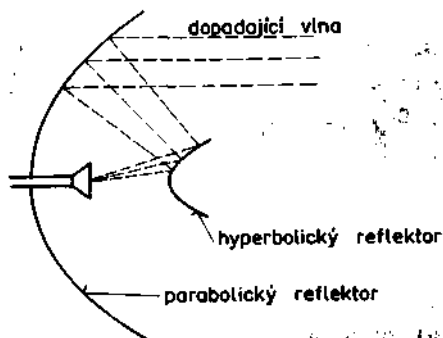
Velikost poměru f/d při dané stavební délce antény lze zmenšit použitím pomocného hyperbolického reflektoru znázorněného na obr. 49. Toto uspořádání antény se nazývá Cassegrainovo uspořádání a často se používá při konstrukci velkých antén. Pro individuální příjem družicové televize



Obr. 48. Trychtýřová anténa — přechod mezi vlnovodem a volným prostorem



Obr. 48. Trychtřevová anténa
— přechod mezi vlnovodem a volným
prostorem



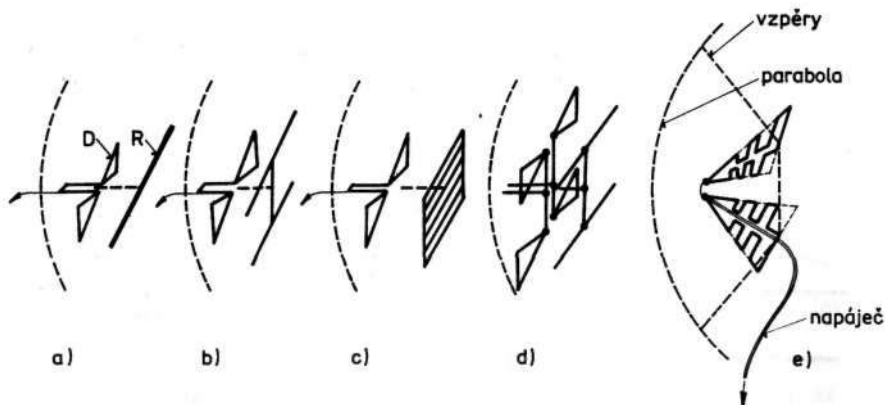
Obr. 49. Cassegrainovo uspořádání (pomocný
reflektor zkrátí stavební délku antény)

zpravidla vyhoví jednoduché uspořádání, při použití složitějších primárních zářičů se i zde může Cassegrainovo uspořádání jevit výhodnější. Na tomto místě se o Cassegrainově uspořádání zmiňujeme zejména proto, že jeho princip se uplatňuje i u antén pro pásmo UHF.

b) Reflektorové antény pro IV. a V. televizní pásmo

V pásmech UHF je rozměr reflektoru srovnatelný s délkou vlny, efektivní plocha antény je menší než její geometrická plocha. Určení tvaru reflektoru je složité, protože primární zářič tvořený zpravidla širokopásmovou směrovou anténou s menším ziskem (typicky 8 dB) není bodovým zdrojem a výslednou konfiguraci antény není možné určit pouze na základě geometrických úvah. Typické tvary primárních zářičů jsou na obr. 50. Pro méně směrové zářiče vychází reflektor hlubší, při použití zářiče s větším ziskem naopak mělký. Krajním příkladem je zářič s velkým ziskem těsně před rovinným reflektorem — anténa Backfire, popsána v č. 28.

Vstupní impedance reflektorové antény je dána zejména vstupní impedancí samostatného primárního zářiče, avšak ovlivňuje ji také blízkost reflektoru. Vliv primárního zářiče je tím menší, čím menší je efektivní plocha zářiče. Z hlediska použití zářiče s malým ziskem je výhodný hluboký reflektor, zatímco z impedančního hlediska je výhodnější větší vzdálenost reflektoru a zářiče, tj. mělký reflektor. **Výsledný tvar malé reflektorové antény ($d/\lambda \leq 5$) bude tedy vždy kompromisem.**



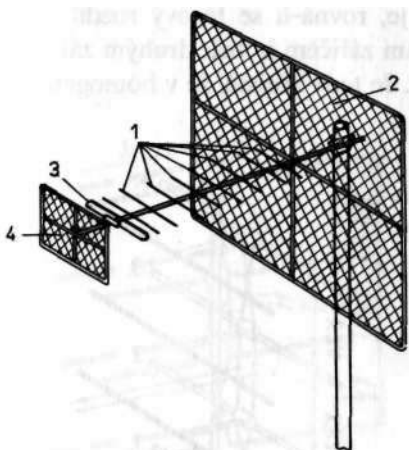
Obr. 50. Tvar primárních zářičů pro parabolické antény ve IV. a V. televizním pásmu

Požadavky na provedení reflektoru jsou méně přísné než u mikrovlnných pásem. Reflektor bývá zpravidla tvořen sítí vodičů, např. drátěným pletivem s galvanicky propojenými oky. Síť musí být dostatečně hustá, aby nedocházelo k poklesu zisku následkem průniku vln energie reflektorem.

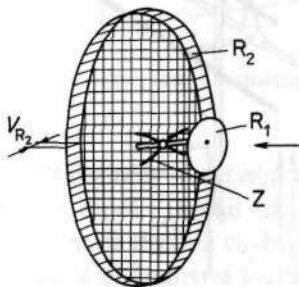
28. ANTÉNA SE ZPĚTNÝM ZÁŘENÍM - ANTÉNA BACKFIRE

Anténa se zpětným zářením je tvořena řadou direktorů 1 před rovinným reflektorem 2 (obr. 51). Teoreticky lze takto dosáhnout zisku většího o 3 dB než u samotné antény Yagi stejné délky, neboť direktory působí na elektromagnetickou vlnu dvakrát. Nejdříve soustředí energii na reflektor a potom odraženou vlnou anténa zpracuje jako běžná anténa Yagi malým reflektorem 4 a zářičem 3. Ve skutečnosti je možné dosáhnout zisku většího asi o 2,5 až 2,8 dB v porovnání s prostou anténou Yagi. Podmínkou však je, aby reflektor beze ztrát odrazil veškeré vlnění soustředěné direktory. To vyžaduje rozměrný reflektor s délkou hrany alespoň 10λ a s oky menšími než $\lambda/10$. Tato skutečnost je významná, neboť se ukazuje, že antény s parabolickým reflektorem těchto rozměrů dosahují stejného zisku při podstatně menších nárocích na nastavení celé soustavy. Aby soustava direktorů vedla povrchovou vlnu oběma směry, musí mít všechny direktory stejnou délku. Takové uspořádání je úzkopásmové (čí. 26). Všeobecně lze říci, že anténa Backfire je z hlediska současného stavu anténní techniky překonaná.

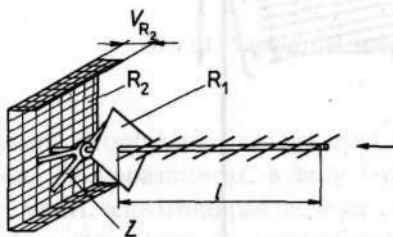
V praxi se často používají modifikace antény Backfire. První z nich je známa pod označením Short Backfire (SBF); je na obr. 52. Oproti klasické anténě se zpětným zářením zde není vlnododová část direktorů a mezi reflektory R_1 a R_2 je pouze zářič Z . Reflektor R_2 bývá ještě lemován prostencem. Anténu SBF je možné podle jejího uspořádání řadit mezi reflektorové antény (či. 27). Rozdíl spoívá v tom, že reflektor je rovinný. To má za následek, že zisk SBF je menší než zisk parabolické antény se stejnými rozměry. Prstenec lemuující reflektor můžeme považovat za korekci tvaru reflektoru. Tím, že se odchylky od tvaru optimálního z hlediska geometrické optiky v uspořádání SBF vzájemně kompenzují, je způsobeno, že SBF je více úzkopásmová než antény s parabolickými reflektory. Výroba rovinného reflektoru je však méně náročná.



Obr. 51. Anténa se zpětným zářením
— Backfire



Obr. 52. Krátká anténa se zpětným
zářením (SBF)

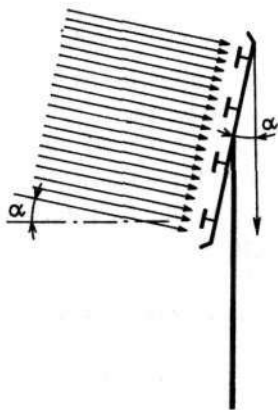


Obr. 53. Krátká anténa se zpětným zářením
s předřazenou vlnovou řadou direktorů
(SBF—L)

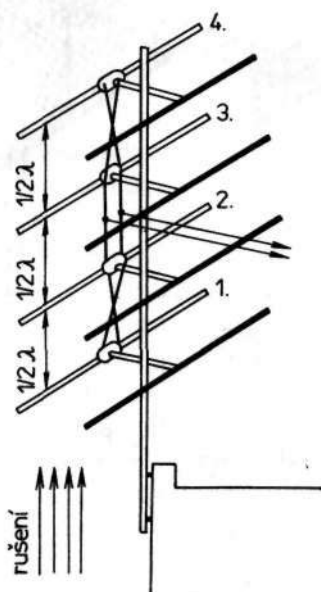
Druhou modifikací antény Backfire je SBF s předřazenou vlnovou řadou direktorů (SBF-L). Tato anténa je na obr. 53. Zde řada direktorů působí stejně jako u antén Yagi, jiné je pouze uspořádání zářiče.

29. ANTÉNY SE SOUFÁZOVĚ BUZENÝMI PRVKY

Mezi amatéry je velmi oblíbeným typem antény buzená patrová soustava, a to jak pro její snadnou realizovatelnost, tak pro její dobré vlastnosti. Na obr. 54 je čtveřice zářičů, na něž dopadá rovinná elektromagnetická vlna. Dopadá-li kolmo na rovinu antény, indukují se napětí na svorkách zářičů ve fázi, takže výsledný výkon přenášený do zátěže je součtem výkonů dodávaných jednotlivými zářiči. Dopadá-li vlna pod jiným než pravým úhlem, jsou dráhy jednotlivých paprsků různé a přenos energie je menší. Krajním případem je, rovná-li se fázový rozdíl mezi dvěma zářiči $\lambda/2$. Energie přijatá jedním zářičem je pak druhým zářičem beze zbytku vyzářena zpět do prostoru. Je tedy zřejmé, že v homogenním



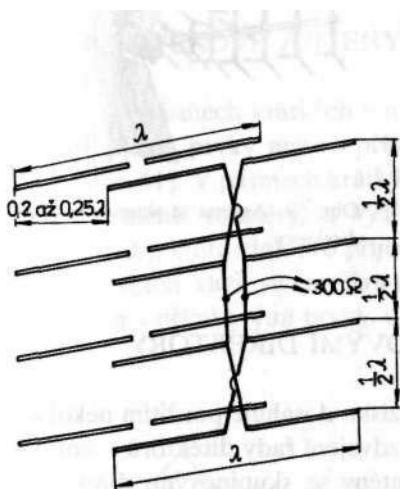
Obr. 54. Čtveřice soufázově buzených zářičů, směřovaná kolmo na dopadající vlnu



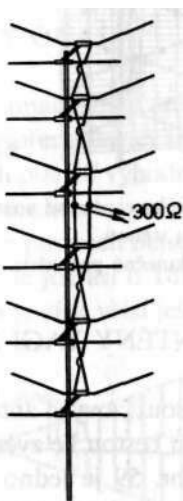
Obr. 55. Soustava zářičů vzdálených vzájemně $\lambda/4$ (je potlačeno rušení z kolmého směru)

poli lze soufázově buzenou patrovou soustavou dosáhnout značné směrovosti. Nehomogenita dopadajícího pole má za následek výrazné zhoršení vlastností patrových antén, neboť zářiče slaběji ozářené vyzáří část energie přijaté silněji ozářenými zářiči.

Volbou rozteče mezi jednotlivými patry se ovlivní směr, ze kterého je příjem potlačen. Obvyklá rozteč patra bývá $\lambda/2$, to znamená, že signál přicházející kolmo na směr příjmu (rušení pouličním provozem) dopadá na jednotlivá patra s fázovým posunem 180° a jeho energie se ze svorky antény nepřenese (obr. 55). Rozteč pater $\lambda/2$ umožňuje také jednodušší napájení jednotlivých zářičů. Je-li totiž spojovací vedení dlouhé polovinu vlnové délky, je možné v něm vznikající fázový posun kompenzovat jeho „přepólováním“ (na obr. 55 to jsou spojení mezi 1. a 2. nebo 3. a 4. patrem). Spoj mezi 2. a 3. patrem není překřížený, celá soustava musí být symetrická vzhledem k napájecí.

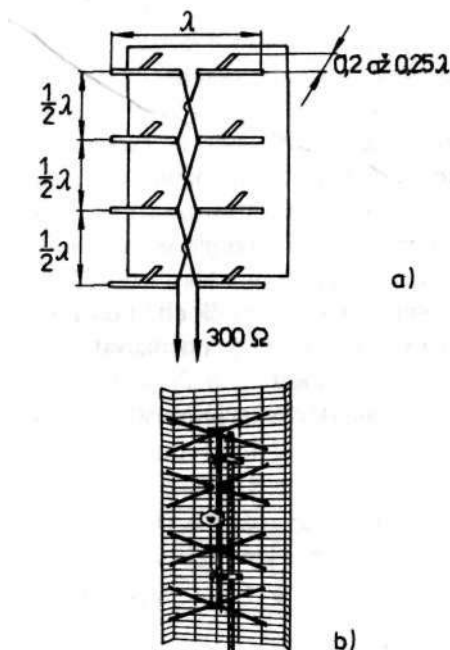


Obr. 56. Čtyřpatrová šestnáctiprvková soustava

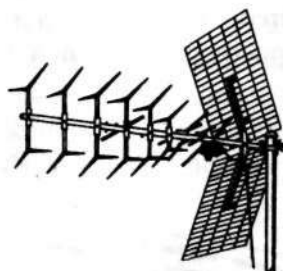


Obr. 57. Šestipatrová soustava

Základním stavebním prvkem buzené dvoufázové soustavy bývá celovlnný dipól. Tím je dána její značná širokopásmovost, a tedy i menší citlivost na drobné chyby při výrobě. Ve III. televizním pásmu se nejčastěji používá čtyřpatrová šestnáctiprvková soustava (obr. 56), ve výjimečných případech i šestipatrová soustava (obr. 57). Ve IV. a V. televizním pásmu se místo reflektorových prvků používá reflektorová stěna (obr. 58).



Obr. 58. Modifikace patrové soustavy s reflektorovou stěnou
a) náčrt, b) skutečné provedení

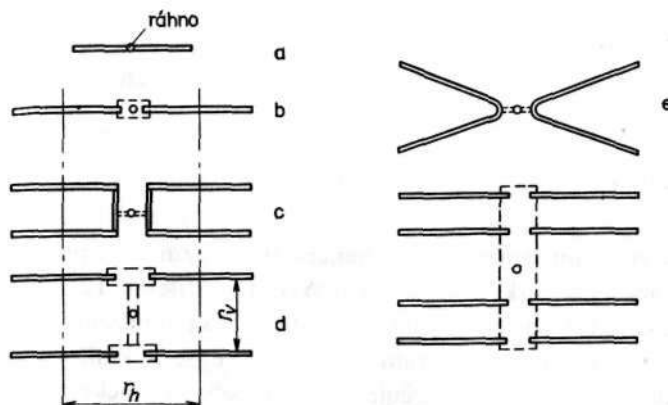


Obr. 59. Anténa se skupinovými direktory

30. ANTÉNY YAGI SE SKUPINOVÝMI DIREKTORY

U souřazových antén se většího zisku dosahuje použitím několika zářičů. Jinou cestou ke zvětšení zisku je zdvojení řady direktorů v anténě Yagi. Na obr. 59 je jedno provedení antény se skupinovými direktory; možné tvary direktorů jsou na obr. 60.

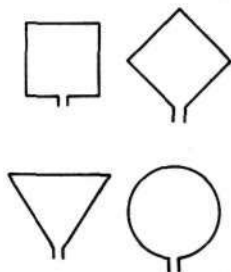
Antény se skupinovými direktory jsou kompromisem mezi jednoduchou konstrukcí antény Yagi a výhodnými vlastnostmi fázových anténních soustav. Vzhledem k přijatelným rozměrům se používají ve IV a V. televizním pásmu. I zde je však svislá rozteč prvků malá, takže nelze dosáhnout zisků, jaké by měly klasické anténní soustavy se stejným počtem optimálně umístěných prvků. Anténa se skupinovými direktory je však natolik kompaktní, že při praktickém použití se dosahuje parametrů blízkých teoretickým hodnotám.



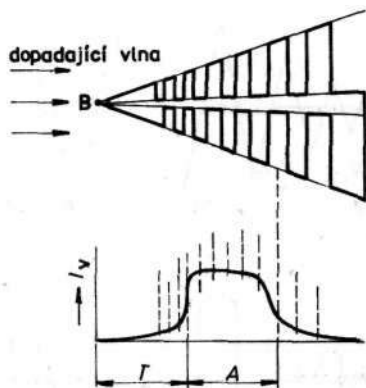
Obr. 60. Některá používaná seskupení direktorů

31. SMYČKOVÉ ANTÉNY – ANTÉNY QUAGI

V pásmech krátkých vln využívaných amatéry se často používají antény, jejichž prvky nejsou přímé, ale jsou tvořeny smyčkami různých tvarů (obr. 61). V pásmech krátkých vln je jejich použití výhodné z mnoha důvodů (menší rozměry, u vysílacích antén možnost vyzáření většího výkonu atd.), které však pro příjem v televizních pásmech nejsou podstatné. Zisk antén Yagi se smyčkovými reflektory je jen asi o 1dB větší než zisk antén s přímkovými prvky, u delších antén je zisk větší ještě o méně.



Obr. 61.
Tvary smyček
pro antény Quagi

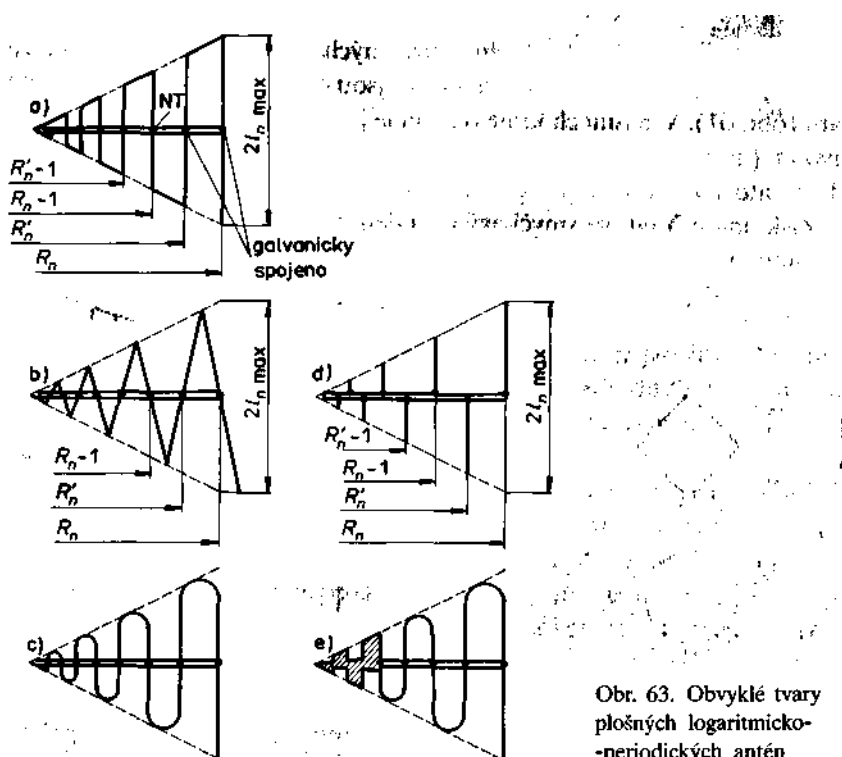


Obr. 62. Základní tvar logaritmicko-periodické antény (křivkou je vyznačeno poměrné množství vyzážené energie)

Navíc smyčky mají oproti skládaným dipólům poloviční impedanci, takže vznikají problémy s přizpůsobením k napáječi. Odůvodněné je použití malých (tříprvkových) antén pro příjem dostatečně silného signálu v nehomogenním poli.

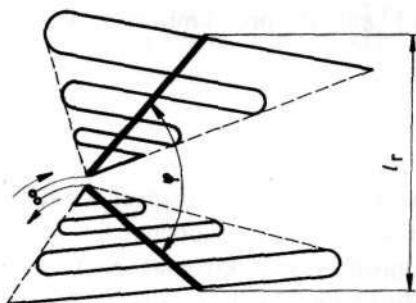
31. LOGARITMICKO-PERIODICKÁ ANTÉNA

Dosud popisované antény s rezonančními prvky mají z principiálních důvodů omezenou šířku pásma, v němž jsou použitelné. Logaritmicko-periodická struktura naproti tomu nemá teoreticky omezené provozní pásmo, neboť vyzářovací diagram a impedance se s kmitočtem téměř nemění. Tato skutečnost předurčuje logaritmicko-periodické antény k použití jako referenční pro měřicí účely a ve IV. a V. televizním pásmu pro příjem v místě, kde lze přijímat větší počet vysílačů s dostatečnou intenzitou. Na obr. 62 je základní tvar logaritmicko-periodické antény,

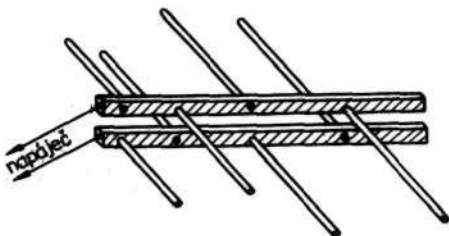
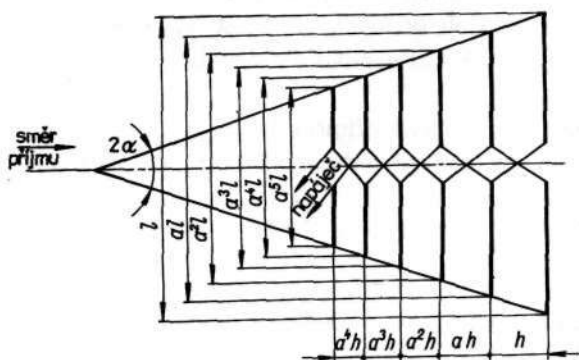


Obr. 63. Obvyklé tvary plošných logaritmicko-periodických antén

vyplývající z teorie. Je to plošný útvar s rezonančními unipóly lichoběžníkového tvaru. Jejich rezonanční kmitočty, vynesené do grafu v logaritmickém měřítku, mají mezi sebou konstantní rozestupy (odtud pochází název antény). Na obr. 62 je také naznačeno rozdělení antény na část aktivní (A), jejíž prvky jsou v blízkosti rezonance, a na část přenosovou (Γ), zprostředkující přenos energie do napáječe. Zbytek antény se neuplatňuje. Zisk antény je tedy menší než zisk jiných antén se stejnými rozměry, anténa je však širokopásmová. Při praktickém provedení je ve IV. a V. televizním pásmu použití plechového zářiče z obr. 62 nevhodné, ale



Obr. 64. Prostorová logaritmicko-periodická anténa



Obr. 65. Dvojitá plošná logaritmicko-periodická anténa

používá se modifikace s trubkovými prvky, uvedená na obr. 63. Obvyklé je uspořádání dvou takových zářičů do prostorové logaritmicko-periodické antény (obr. 64). V podstatě jde o dvě soufázově napájené antény. Kmitočtovou nezávislost impedance soustavy zajišťuje vhodná volba úhlu rozevření $q >$. Antény však nejsou rovnoběžné, a to omezuje zvětšení zisku zdvojením antény na 1 až 3 dB.

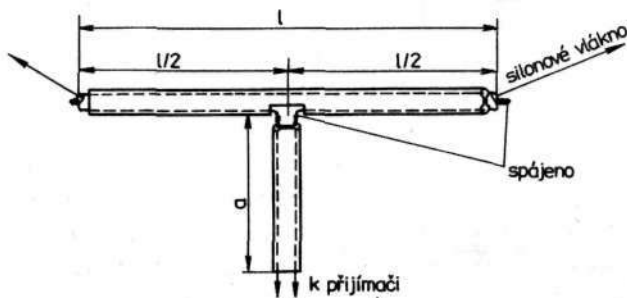
Prostorová anténa přejde v plošnou, je-li $tp = 0$ a použije-li se zářič uvedený na obr. 63d. Výsledné uspořádání je na obr. 65.

Ve IV. a V. televizním pásmu je možné plošnou anténou dlouhou 3,1 m, s 58 dipóly dosáhnout zisku 12 dB. To je také praktická hranice zisku logaritmicko-periodické antény pro kmitočty 500 až 1000 MHz.

33. POKOJOVÉ ANTÉNY

V místech silného signálu mnohdy není třeba používat venkovní antény a stačí náhražkové antény umístěné poblíž přijímače. Při jejich použití si je třeba uvědomit, že uvnitř místnosti je elektromagnetické pole značně nehomogenní a navíc jeho rozložení je závislé i na pohybu osob v místnosti. V takových podmínkách ztrácí použití složitějších antén smysl, neboť v deformovaném poli se jejich vlastnosti podstatně mění. Není-li možné prostým dipólem získat uspokojivý signál, nemá zpravidla cenu dále experimentovat.

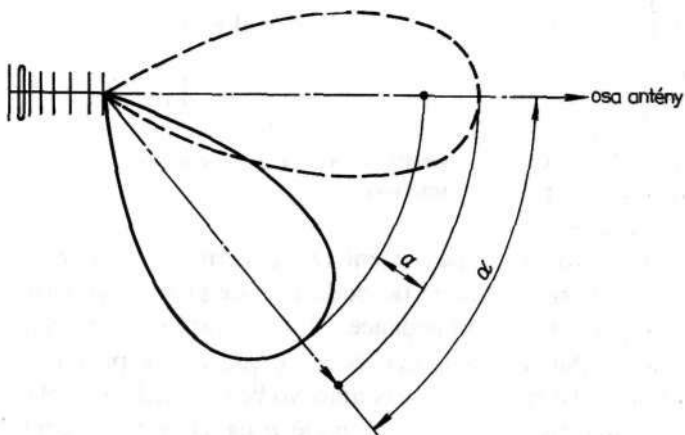
Je-li některé okno místnosti obráceno přímo k vysílači, je nejvhodnější pokojovou anténou půlvlnný dipól (např. z dvoulinky, obr. 66) připevněný v okně.



Obr. 66. Půlvlnný dipól z dvoulinky, vhodný pro upevnění na okno místnosti ($l = \lambda/2$)

34. IMPEDANČNÍ PŘIZPŮBOBENÍ ANTÉNY K NAPÁJEČI

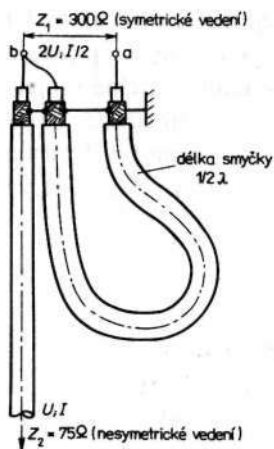
V článku 18 jsme ukázali význam impedančního přizpůsobení jednotlivých článků vysokofrekvenčního řetězce pro přenos energie. Protože není možné, aby všechny články řetězce měly shodnou vlnovou impedanci, je nutné použít transformační členy. Tyto členy mohou transformovat nejen velikost vlnové impedance, ale i její povahu (symetrická — nesymetrická), což umožňuje připojení antén, které mají zpravidla symetrickou impedanci, na souosé vedení. Nejsnáze realizovatelné symetrizující obvody jsou takové, které současně transformují impedanci v poměru $Z_{\text{nesvm}}/Z_{\text{svm}} = 1/4$. To je jeden z důvodů, proč norma předepisuje vlnovou impedanci symetrického vedení $300\ \Omega$ a vlnovou impedanci souosého kabelu $75\ \Omega$.



Obr. 67. Pokles zisku a deformace směrového diagramu antény následkem nesymetrického napájení

Z konstrukčních důvodů je výhodné, aby anténa měla symetrickou impedanci. Dipóly napájené souosým kabelem (tedy s nesymetrickou impedancí) se používají zřídka a pro amatérskou praxi nejsou vhodné. Při pokusu jednoduše připojit symetrické anténní svorky k nesymetrickému vedení vzniknou ztráty výkonu nepřizpůsobením a navíc fázové chyby, které deformují vyzářovací diagram antény (obr. 67). Anténa „šilhá“ a zmenší se její zisk. Deformace vyzářovaného diagramu vede často k mylným úvahám o směru, ze kterého je signál přijímán.

Princip symetrizačních vedení i impedančních transformátorů je založen na vlastnostech vln vedení. Vlna po průchodu úsekem vedení dlouhým $\lambda/2$ změní svou fázi na opačnou. Je-li na jednom konci úseku vedení dlouhého $\lambda/4$ maximální napětí, je na druhém konci napětí minimální a naopak.



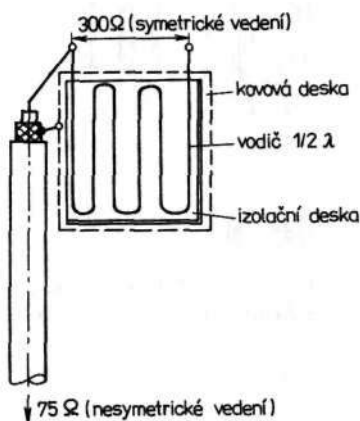
Obr. 68. Symetrizace a transformace impedance půlvlnnou smyčkou

Symetrizace využívající půlvlnné vedení je znázorněna na obr. 68. Proud přicházející sousosým vedením do bodu b se dělí na dvě poloviny. Jedna prochází do symetrické impedance, druhá postupuje smyčkou, takže v bodě a má opačnou fázi, tzn. že je v souladu s proudy na symetrickém vedení. Jestliže napětí středního vodiče vzhledem k plášti kabelu v bodě b označíme $U_b = U$, je v bodě a napětí mezi středním vodičem a pláštěm $U_a = -U$. Celkové napětí mezi body Za je $U_b - U_a = 2U$. Skutečně tedy

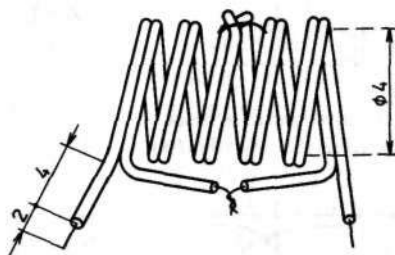
$$Z_1 = \frac{2U}{I} = 4 \frac{U}{I} = 4Z_2$$

Vnější vodič nesymetrického kabelu není v symetrické impedanci připojen, je uzemněn. Je vhodné si uvědomit, že tato skutečnost nebrání přenosu energie proto, že napětí na symetrické impedanci jsou symetrická právě vzhledem k zemi (tj. např. k anténnímu ráhnu vodič spojenému se středem skládaného dipólu).

Půlvlnná smyčka je zpravidla vyrobena z vedení se stejnou impedancí, jakou má vedení symetrizované. Není to však podmínkou. Důležité je pouze správné stanovení délky smyčky (viz činitel zkrácení). Na daném kmitočtu / pracuje symetrizační člen beze ztrát, jeho vlastnosti se nemění v rozmezí 0,9/ až 1,1/. Ve IV. a V. televizním pásmu se často používá vedení vytvořené na oboustranně plátované desce pro plošné spoje meandrem nad vodivou deskou (obr. 69), tedy mikropáskové vedení. V takovémto provedení je obtížné nalézt elektrickou délku, především proto, že vlastnosti použitého materiálu nejsou definovány.



Obr. 69. Půlvlnná smyčka, tvořená meandrem na desce plošného spoje



Obr. 70. Půlvlnná smyčka z miniaturní dvoulinky

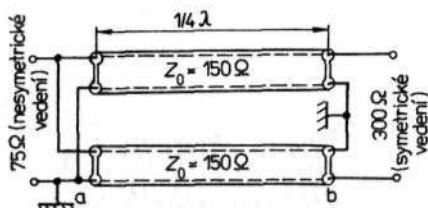
Jiná varianta půlvlnné symetrizační smyčky pro UHF, tvořená miniaturní dvoulinkou, je na obr. 70. Dvoulinka je navinuta na trn s průměrem 3,7 až 3,8 mm (např. vrátek) tak, že tvoří 5 závitů a uprostřed (tj. po 2,5 závitěch) je překřížena. Po vyjmutí trn je třeba závitů vyztužit lepidlem, např. polystyrénovým. Konce dvoulinky by měly být co nejkratší.

Úsek vedení dlouhý $\lambda/4$ se s výhodou používá jak v symetrizačních obvodech, tak pro impedanční přizpůsobení dvou vedení s různou impedancí. Impedance Z_1 připojená k jednomu konci čtvrtvlnného větem se na druhém konci jeví jako impedance Z_2 . Platí

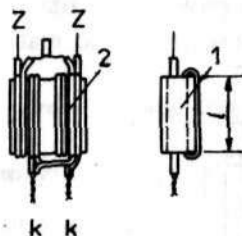
$$Z_v = \sqrt{Z_1 Z_2}$$

tj. vlnová impedance vedení Z_v je vždy jejich geometrickým průměrem.

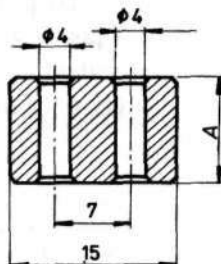
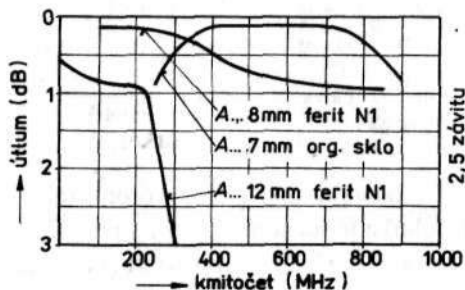
Kdybychom přizpůsobili spojení symetrických vedení s impedancemi $75\ \Omega$ a $300\ \Omega$, stačí je propojit čtvrtvlnným úsekem s impedancí $Z_v = \sqrt{75 \cdot 300}\ \Omega = 150\ \Omega$. Je-li třeba současně změnit charakter impedance z nesymetrické na symetrickou, je možné použít uspořádání podle obr. 71. Čtvrtvlnná vedení mají opět vlnovou impedanci $150\ \Omega$, takže jejich paralelní spojení v bodě a má impedanci $Z_a = 150/2\ \Omega = 75\ \Omega$



Obr. 71. Symetrizace a transformace impedance úsečky čtvrtvlnného vedení



Obr. 72. Čtvrtvlnné vedení, navinuté na dvouděrovém jádru



Obr. 73. Ztráty v symetrizačním obvodu pro různá jádra

a sériové spojení v bodě b má impedanci $Z_b = 2.150 \Omega = 300 \Omega$. Vlastnosti čtvrtvlnného vedení umožňují současně uzemnit bod a a střed vedení v místě b . Tím je dosaženo požadovaného charakteru impedancí. Obvykle se čtvrtvlnná vedení realizují miniaturní dvoulinkou, stočenou na jádrech z izolantu (organického skla) nebo na feritových jádrech (obr. 72). Feritové jádro zkrátí vlnovou délku, takže fyzické rozměry symetrizačního členu vyjdou malé i v I. a III. televizním pásmu. Na obr. 73 je závislost ztrát v symetrizačním obvodu na pracovním kmitočtu a na rozměrech jádra. Přizpůsobovací obvody na dvouděrových jádrech jsou ideální pro širokopásmové použití.

35. PŘIZPŮBOENÍ NAPÁJEČE K PŘIJÍMAČI

Odchylka vstupní impedance od jmenovité hodnoty způsobí impedanceční nepřizpůsobení, které při použití dalšího napáječe má za následek zhoršení obrazu. Je-li jako napáječ použita dvoulinka, je zjištění nepřizpůsobení jednoduché. Má-li pohyb např. prstu podél vedení vliv pouze na intenzitu signálu dodávaného do přijímače, je napáječ dobře přizpůsoben. Změny v kvalitě obrazu podle rytmu pohybu ruky jsou známkou nepřizpůsobení. V takovém případě je možné obalit napáječ plechovým páskem (provizorně vyhoví i hliníková fólie) tak, aby vzniklý prstenec nebyl vodivě uzavřen. Šířka pásku je pro I. a II. televizní pásmo 65 až 70 mm, pro II. televizní pásmo 35 až 40 mm a pro IV. a V. televizní pásmo asi 15 až 20 mm. Napáječ je přizpůsoben, je-li prstenec v poloze, při níž je přijímaný obraz nejlepší. Nevyhoví-li tento způsob přizpůsobení, lze použít pahýl vedení připojený paralelně ke vstupním svorkám televizoru. Pahýl je dlouhý přibližně $\lambda/4$ a na konci zkratovaný nebo otevřený. Nastavení je obdobné jako nastavení pásmové propusti nebo zádrže tvořené úsekem vedení (či. 36).

Moderní přijímače mají souosý vstup, takže dodatečné přizpůsobení napáječe by bylo složitější. Praxe ukazuje, že přijímače se souosým vstupem mají vstupní impedanci v takovém rozmezí, že není třeba souosý kabel dále přizpůsobovat.

36. POTLAČENÍ RUŠIVÝCH SIGNÁLŮ PÁSMOVÝM FILTREM TVOŘENÝM ÚSEKEM VEDENÍ

Rušivý signál pronikající na svorky antény lze potlačit pásmovou zádrží na napáječi. Je-li v okolí užitečného signálu více rušivých signálů, používá se pásmová propust.

Pásmové propusti a pásmové zádrže tvořené úsekem vedení jsou konstrukčně velmi jednoduché a lze s nimi dosáhnout dobrých výsledků.

Vědem dlouhé $\lambda/4$ (nebo jeho lichý násobek), na konci zkratované, představuje paralelní rezonanční obvod. Na napájecí takový pahýl vytvoří kmitočtovou propust. Stejně vedení na konci otevřené je sériový rezonanční obvod a na napájecí vytvoří kmitočtovou zádrž. Otevřené vedení lze jen obtížně realizovat dostatečně přesně, výhodnější je vytvořit zádrž úsekem vedení dlouhým sudý násobek $\lambda/4$, na konci zkratovaným. Vlastnosti zkratované dvoulinky jsou stejné jako u ideálního zkratovaného vedení.

Pahýl vedení je paralelně připojen ke svorkám přijímače. Osvědčilo se nastavovat jeho délku pomocí holicí čepelky, přikládané kolmo na vedení. Zářezy v izolaci dvoulinky nepoškodí, takže po nalezení optimální polohy použitou dvoulinku definitivně zkrátíme a vodiče spojíme pájkou.

Šířka propustného pásma je dána kvalitou dvoulinky použité k výrobě pahýlu. Jestliže maximum potlačení není zcela zřetelné nebo je sice zřetelné, ale současně zhoršuje kvalitu obrazu, je nutné použít dvou vodičové vedení vlastní konstrukce, nejlépe z měděného smaltovaného drátu s průměrem asi 2 až 3,5 mm. Rozteč vodičů musí být konstantní. Vlnová impedance vedení závisí na poměru osové rozteče vodičů D a jejich průměru d . Distanční rozpěrky z polyetylénu nemají na impedanci významný vliv. Vlnová impedance pahýlu má být obecně stejná jako vlnová impedance vlastního vedení, tedy $300\ \Omega$. Je-li však úsek vedení kratší než $\lambda/2$, je z hlediska rozptylu vysokofrekvenční energie výhodnější vlnová impedance kolem $200\ \Omega$. Z grafu na obr. 228 tedy vyjde poměr $D/d = 6,1$ pro $Z = 300\ \Omega$ a $D/d = 2,7$ pro $Z = 200\ \Omega$. Složitější odlaďovač je popsán v či. 73.

37. SLUČOVÁNÍ SIGNÁLŮ Z VÍCE ANTÉN DO JEDNOHO NAPÁJEČE

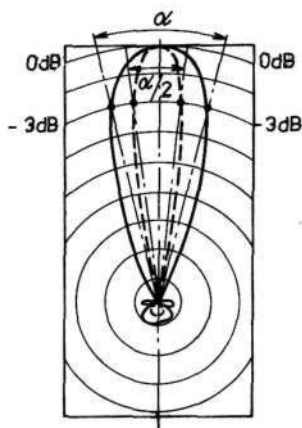
Při zlepšování vlastností anténního systému pro příjem jednoho kanálu řazením antén do anténních řad nebo při příjmu více různých signálů vyvstává problém sloučit napáječe do společného svodu. Při příjmu více různých signálů je sice možné použít několik svodů až k přijímači, ale toto řešení zpravidla není uspokojivé. Sdružování signálů je třeba věnovat pozornost, neboť při nesprávném provedení je část výkonu přijatá jednou anténou vyzařována ostatními anténami zpět do prostoru.

38. ANTÉNNÍ ŘADY

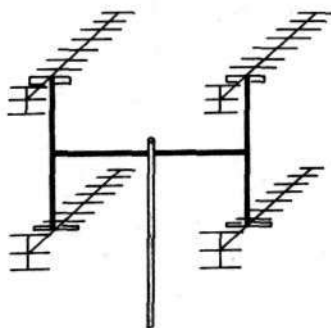
Neposkytne-li nejhodnější anténa uspokojivý signál, je možné zlepšit příjem uspořádáním dvou nebo více antén do anténní řady. Lze tak zvětšit zisk nebo směrovost, popř. lze vhodným uspořádáním antén potlačit příjem nežádoucích signálů. Při příjmu vertikálně polarizovaných signálů je sdružování antén jediným způsobem jak tvarovat vyzařovací diagram v horizontální rovině.

Použitím dvou antén místo jedné lze za ideálních podmínek dosáhnout dvojnásobného zisku, tedy + 3 dB. Základním předpokladem však je bezdrátové sloučení jednotlivých signálů. Kvalitní sloučení signálů je v praxi proveditelné jen tehdy, jsou-li slučované signály stejné nebo jsou-li alespoň ve fázi. Jinak řečeno, antény musí být umístěny v homogenním elektromagnetickém poli, což nelze předpokládat zejména v místech velmi slabého signálu. Z toho vyplývá, že teoreticky odvozené uspořádání antén je zpravidla nutné přizpůsobit podmínkám v konkrétním místě.

Zlepšení směrovosti u anténních řad je způsobeno stejným mechanismem jako u fázově buzených soustav (obr. 54). Jsou-li tedy antény umístěny vedle sebe ve vodorovné rovině, zúží se horizontální směrový diagram; jsou-li umístěny nad sebou, zúží se vertikální směrový diagram. Směrové diagramy ve druhé rovině se nemění. Zúžení směrového diagramu je v ideálním případě takové, že šířka svazku 3 dB je poloviční (obr. 74).



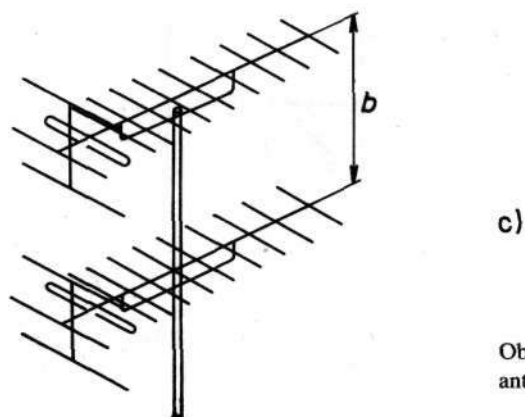
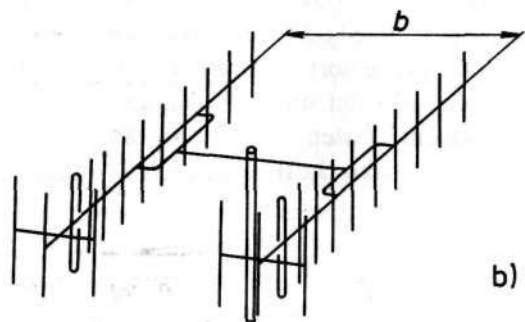
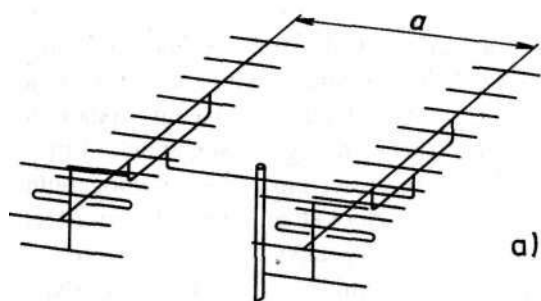
Obr. 74. Zúžení směrového diagramu při použití dvou antén v řadě



Obr. 75. Uspořádání čtyř antén způsobem dvakrát v obou směrech

V řadě složené ze čtyř antén se zvětší zisk na čtyřnásobek (+6 dB), podle uspořádání se třidecibelová šířka svazku zúží buď čtyřikrát (antény v jedné rovině) nebo dvakrát v obou směrech (uspořádání podle obr. 75).

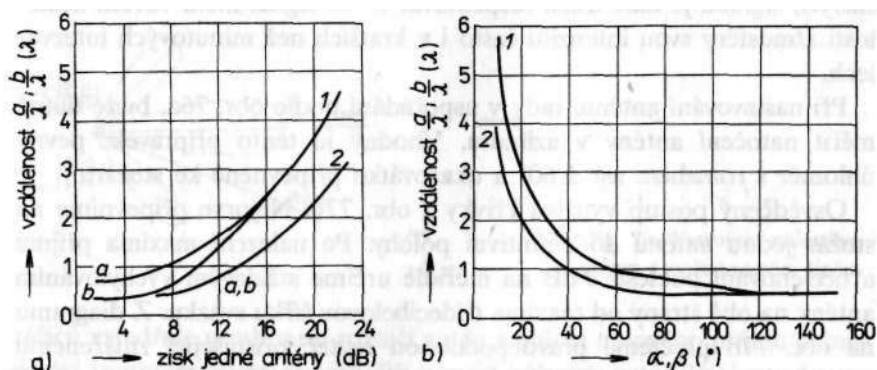
V homogenním poli je jednoznačně výhodnější uspořádání antén ve vodorovné rovině, neboť směrovost se zvětší pouze v azimutální rovině.



Obr. 76. Možná uspořádání dvou antén v řadě

Z mechanismu šíření elektromagnetických vln vyplývá, že při příjmu za rádiovým horizontem není úhel, pod nímž vlna přichází, stálý. Svisle uspořádaná anténní řada je však konstrukčně výhodnější. Tyto skutečnosti je třeba vždy uvážit a při návrhu soustavy je respektovat.

Rozměry antén tvořících anténní řadu jsou optimalizovány pro osamocenou anténu (či. 24). Při seskupování antén je tedy nutné dodržet vzájemnou minimální vzdálenost mezi anténami. Na obr. 76 jsou tři možné konfigurace dvou antén (s vyznačenou roztečí). Optimální rozteč závisí na zisku použitých antén a na jejich vzájemné orientaci. Křivka 1 na obr. 77a odpovídá dosažení maximálního zisku, křivka 2 udává rozteč, při níž jsou maximálně potlačeny postranní laloky směrového diagramu. Obdobné křivky na obr. 77b udávají závislost optimální rozteče na tridecibelové šířce svazku v rovině antény (obr. 38). Šířka svazku v sobě již zahrnuje směrové vlastnosti v požadované rovině; diagram z obr. 77b se nejlépe osvědčil pro nastavování antén ve skupině.



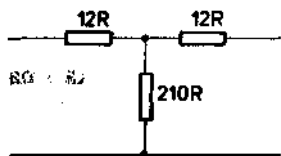
Obr. 77. Určení optimální rozteče antén

a) podle zisku použitých antén, b) podle šířky svazku antén

39. NASTAVENÍ OPTIMÁLNÍCH ROZTEČÍ ANTÉNNÍ ŘADY

Pro přesné nastavení anténní řady je nutné použít objektivní indikaci pro napětí na svorkách antény. Není-li k dispozici příslušné měřidlo, je možné si vypomoci běžným televizním přijímačem. Napětí AVC je úměrné (nikoliv přímo!) úrovni na vstupu přijímače. Pomocí běžného měřidla stejnosměrného napětí je tedy možné indikovat maximální příjem. Dále je pro nastavení třeba indikovat úroveň o 3 dB nižší než

maximální. Odpovídající výchylku měřidla zjistíme, vložíme-li do napájecí cesty útlumový článek 3 dB, přičemž anténa je stále nasměrována na maximální příjem. Vhodný útlumový článek pro souosé vedení je např. odporový článek T (obr. 78). Odpor 210 Q je možné přibližně realizovat paralelním spojením odporů 390 Q a 470 Q.



Obr. 78. Útlumový článek 3 dB pro nesymetrické vedení 75 Ω

Při měření úrovní na střeše je výhodné nechat přijímač na místě trvalé instalace a k anténě zpět přivádět pouze napětí AVC. Vždy je třeba mít jistotu, že vf úroveň není zvyšována jinými interferujícími signály. U velmi slabých signálů je dále třeba respektovat to, že signál mění vlivem nestálosti atmosféry svou intenzitu často i v kratších než minutových intervalech.

Při nastavování anténní řady v uspořádání podle obr. 76a, bude nutné měřit natočení antény v azimutu. Vhodný je tento přípravek: pevný úhloměr s rozsahem asi $\pm 60^\circ$ a ukazovátka připevněné ke stožáru.

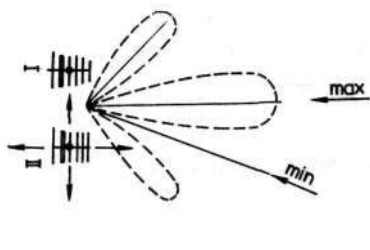
Osvědčený postup využívá křivky z obr. 77b. Nejprve připevníme na stožár jednu anténu do definitivní polohy. Po nalezení maxima příjmu a ocejchování poklesu 3 dB na měřidle určíme střídavým vychylováním antény na obě strany od maxima třídécibellovou šířku svazku. Z diagramu na obr. 77b přečteme pravděpodobnou rozteč příslušející změřenému úhlu a připevníme další anténu. Po novém ocejchování poklesu 3 dB změříme šířku svazku soustavy. Měla by být poloviční. Není-li tomu tak, změníme rozteč o malou hodnotu (**nejvíce 0,2 λ**) a měření opakujeme. Zvětší-li se šířka svazku, změníme rozteč v opačném smyslu. Při každé změně rozteče by se teoreticky vždy mělo znovu cejchovat měřidlo. Změna maximální hodnoty však bývá malá a chybu cejchování lze zanedbat. Výsledné uspořádání je vhodné překontrolovat přesně. Vhodné je také orientačně překontrolovat úroveň postranních laloků otočením soustavy o 360° .

Nastavujeme-li anténní řadu ve vodorovné rovině, je třeba všechny rozteče měnit současně; výsledná šířka svazku je příslušně menší. Při nastavování anténní řady ve svislé rovině je popsán postup mechanicky

obtížně proveditelný. Optimální rozteč zpravidla stanovíme pouze podle maxima příjmu. Nejde-li již změnou rozteče zvýšit úroveň signálu, posuneme horní anténu dozadu (asi $0,05\lambda$) a opět nalezneme optimální rozteč. Místo mechanického posuvu fáze je možné měnit vzájemný fázový posuv v napájecí (obr. 85).

40. TVAROVÁNÍ SMĚROVÉHO DIAGRAMU ANTÉNNÍ ŘADY

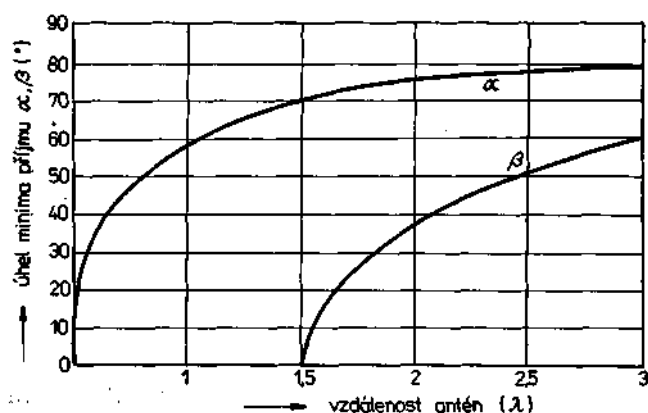
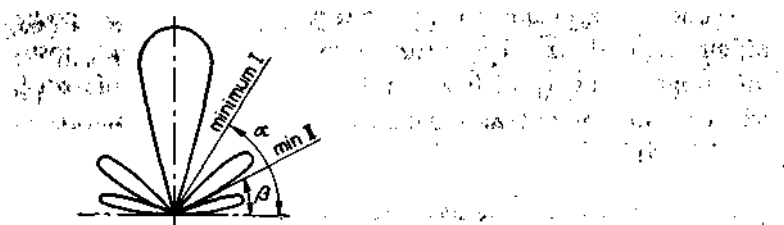
Řazením antén do soustav lze tvarovat diagram příjmu tak, aby byl potlačen nežádoucí signál (obr. 79). Rozteč antén není nastavována na maximální zisk, podstatný je směr nulového příjmu. Vznik nulového příjmu je patrný z obr. 54. Velikost úhlu, při němž vlna dopadá na jednotlivé antény právě v protifázi, závisí na rozteči antén. U bodových



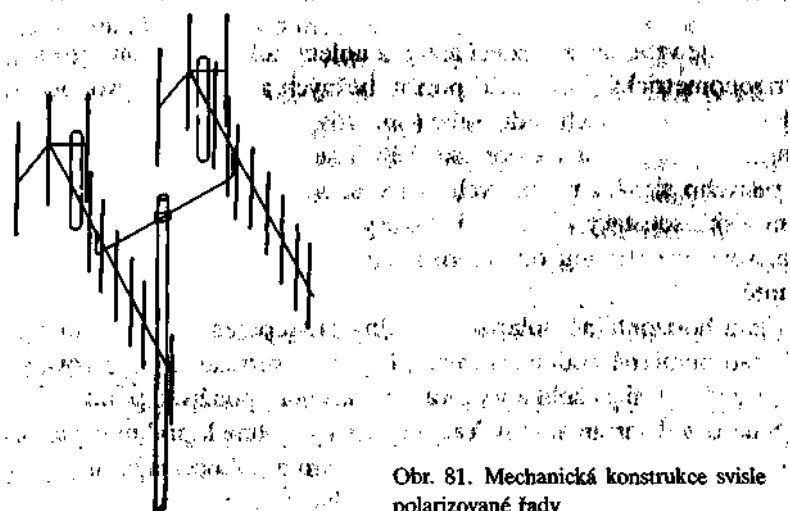
Obr. 79. Vytvoření nulového příjmu v požadovaném směru

zářičů vyjadřuje vztah mezi roztečí antén a úhlem nulového příjmu jednoduchý trigonometrický vzorec. Při použití běžných antén Yagi s vodorovnou polarizací, umístěných vedle sebe (obr. 76a), nalezneme nejvhodnější rozteč antén v diagramu na obr. 80. Liší-li se směr užitečného signálu a směr rušivého signálu málo, vychází rozteč velká a to má za následek zmenšení zisku soustavy (či. 37). V takových případech se vyplatí spíše směřovat soustavu stranou od směru maximálního příjmu než zvětšovat rozteč antén (obr. 39).

Při příjmu horizontálně polarizované vlny přistupujeme k seskupování antén do řad poměrně zřídka, zatímco při příjmu vertikálně polarizované vlny by se jednotlivá několikaprvková anténa měla používat pouze výjimečně. Směrový diagram antény Yagi je v rovině kolmé k prvkům značně široký a zpravidla dochází k potížím způsobeným mnohocestným šířením. Sdružením dvou nebo čtyř antén lze zpravidla dosáhnout uspokojivého



Obr. 80. Závislost polohy minima vyzařovacího diagramu na rozteči antén

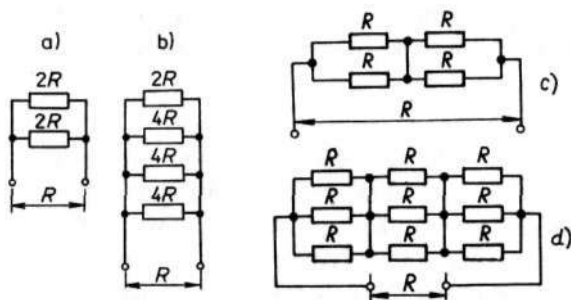


Obr. 81. Mechanická konstrukce svisle polarizované řady

výsledku a navíc mechanická konstrukce svisle polarizované anténní řady (obr. 81) nepřináší zvláštní obtíže, neboť i samostatná anténa musí být připevněna na výložném ramenu.

41. VZÁJEMNÉ PROPOJENÍ ANTÉN V ŘADĚ

Řady televizních přijímacích antén se zásadně napájejí soufázově, tedy v místě spojení napáječů dvou nebo několika antén musí mít signály od jednotlivých antén stejnou fázi a stejnou velikost. Při spojování vysokofrekvenčních vedení s takovými signály je možné počítat s vlnovými impedancemi podobně jako s odpory v odporové síti. Podmínkou je samozřejmě, že výsledné spojení napáječů je impedančně přizpůsobeno. Cílem řazení antén je dosáhnout v místě připojení k napáječi vlnové impedance napáječe, tedy impedance $300\ \Omega$. Z obr. 82 je vidět, v jakém vztahu jsou impedance členů řady k celkové impedanci pro různá seskupení odporů (antén). Jednotlivé antény v řadě mají zpravidla vstupní impedanci $300\ \Omega$, pouze ve výjimečných případech je impedance antén volena s ohledem na řazení do soustav (např. buzená patrová soustava na obr. 56, 57, 58, kde impedance jednoho patra je volbou průměru prvků

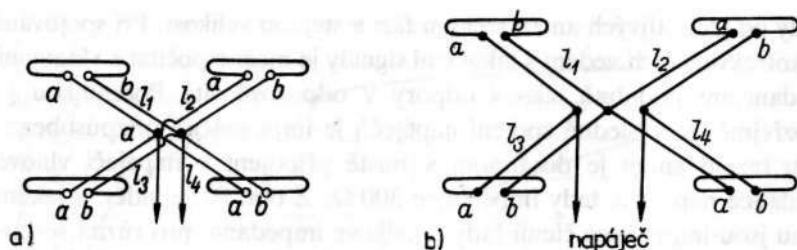


Obr. 82. Výsledná impedance spojení prvků
a), b) paralelního, c) d) sériově paralelního

nastavena na $1\ 200\ \Omega$). Je tedy nutné buď antény s impedancí $300\ \Omega$ vhodně uspořádat (obr. 82c, d), nebo výslednou impedanci soustavy transformovat na impedanci $300\ \Omega$ vhodným transformačním prvkem, zpravidla čtvrtvlnným úsekem vředem.

Aby byla dodržena podmínka stejné fáze, musí být napáječe všech antén stejně dlouhé nebo se mohou lišit o násobek vlnové délky. Liší-li se

délky napáječů o lichý násobek poloviny vlnové délky, jsou jejich signály v protifázi a je třeba jeden napáječ překřížit („přepólovat“). Na obr. 83a je nakresleno paralelní spojení čtyř antén. Výsledná impedance soustavy je tedy $300\ \Omega/4 = 75\ \Omega$, ztráty nepřizpůsobením tedy budou 1,9 dB, což sice zisk 6 dB s porovnáním s jednou anténou nenuluje, ale ztráta je to výrazná. Zapojením podle obr. 83b (nebo 82c) je dosaženo úplného přizpůsobení při použití běžné dvoulinky s impedancí $Z = 300\ \Omega$.

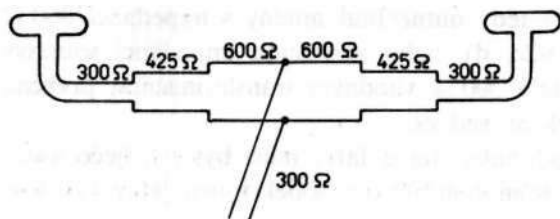


Přizpůsobené spojení dvou vysokofrekvenčních vedení s různými vlnovými impedancemi Z_1 a Z_2 lze realizovat čtvrtvlnným úsekem vedení (vedení dlouhé $\lambda/4$ nebo lichý násobek $\lambda/4$) s vlnovou impedancí

$$Z_{\text{trans}} = \sqrt{Z_1 Z_2}$$

Je-li třeba sloučit dvě antény do společného napáječe s impedancí $Z_2 = 300\ \Omega$, je třeba, aby napáječe antén měly v místě připojení impedanci $600\ \Omega$ (musí se ze strany svodu jevit jako konce vedení s vlnovou impedancí $600\ \Omega$). Vstupní impedance antén je $300\ \Omega$, čtvrtvlnné transformační vedení mezi anténou a místem spojení musí mít vlnovou impedanci

$$Z_{\text{trans}} = \sqrt{300 \cdot 600\ \Omega} \doteq 424\ \Omega$$



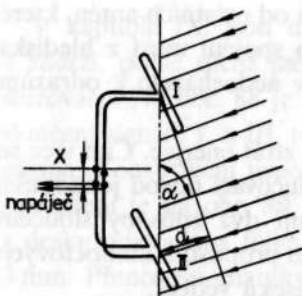
Obr. 84. Spojení antén transformačním vedením délky $\lambda/4$; úseky vedení $600\ \Omega$ jsou kresleny jen pro názornost

Na obrázku 84a je pro názornost nakreslen i úsek vedení s impedancí 600 Ω ve skutečnosti však toto vedení není podstatné (může mít nulovou délku).

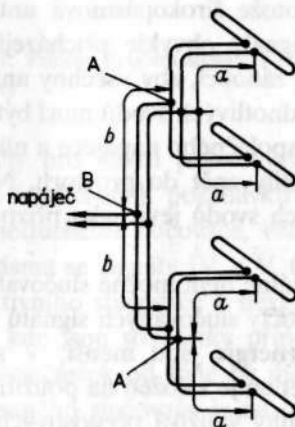
Symetrickké vedení s jinou vlnovou impedancí než 300 Ω není komerčně dostupné, obvykle se realizuje dvěma rovnoběžnými vodiči s kruhovým průřezem. Vlnová impedance takového vedení závisí na průměru vodičů a na jejich rozteči D podle vztahu

$$Z = 276 \log \frac{2D}{d}$$

(Graficky je vztah znázorněn na obr. 228 v kapitole IX.) Použijeme-li např. vodič s průměrem 1 mm, vyjde rozteč transformačního vedení ($Z = 425\Omega$) $D = 17,3$ mm.



Obr. 85. Směrování patrové soustavy změnou délek propojovacích vedení



Obr. 86. Propojení čtyř antén transformačními vedeními; délky všech úseků jsou liché násobky $\lambda/4$

Na obrázku 85 je znázorněno uspořádání patrové antény. Antény jsou spojeny vedením délky $\lambda/2$, napáječ je připojen v jeho středu. Posunem místa připojení napáječe je možné respektovat široký dopad signálu. Vzniklé impedanční nepřizpůsobení (transformační vedení nemají přesně délku $\lambda/4$) není při malém posunu příliš podstatné.

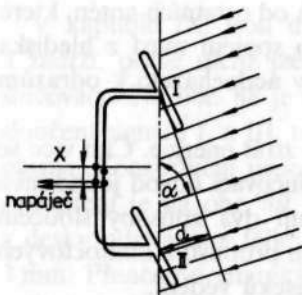
Podobným způsobem je realizována čtyřpatrová soustava (obr. 86). Transformační úseky mají impedanci 425 Ω . V bodech A je pak dosažena

Na obrázku 84a je pro názornost nakreslen i úsek vedení s impedancí **600 Ω** ve skutečnosti však toto vedení není podstatné (může mít nulovou délku).

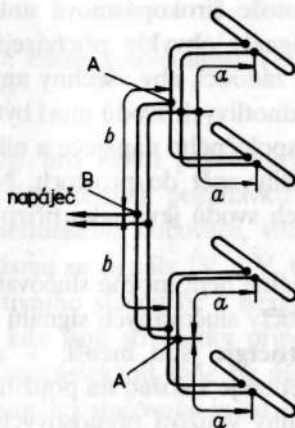
Symetrickké vedení s jinou vlnovou impedancí než **300 Ω** není komerčně dostupné, obvykle se realizuje dvěma rovnoběžnými vodiči s kruhovým průřezem. Vlnová impedance takového vedení závisí na průměru vodičů a na jejich rozteči D podle vztahu

$$Z = 276 \log \frac{2D}{d}$$

(Graficky je vztah znázorněn na obr. 228 v kapitole IX.) Použijeme-li např. vodič s průměrem 1 mm, vyjde rozteč transformačního vedení (**$Z = 425\Omega$**) $D = 17,3$ mm.



Obr. 85. Směrování patrové soustavy změnou délek propojovacích vedení



Obr. 86. Propojení čtyř antén transformačními vedeními; délky všech úseků jsou liché násobky $\lambda/4$

Na obrázku 85 je znázorněno uspořádání patrové antény. Antény jsou spojeny vedením délky $\lambda/2$, napáječ je připojen v jeho středu. Posunem místa připojení napáječe je možné respektovat široký dopad signálu. Vzniklé impedanční nepřizpůsobení (transformační vedení nemají přesně délku $\lambda/4$) není při malém posunu příliš podstatné.

Podobným způsobem je realizována čtyřpatrová soustava (obr. 86). Transformační úseky mají impedanci **425 Ω** . V bodech A je pak dosažena

impedance 300Ω , a lze na ně pohlížet stejně jako na dvoupatrovou soustavu z obr. 85. Při vertikálním směřování soustavy se posouvá jak spoj A, tak připojení v místě B. Velikost posunutí v místě B musí být dvojnásobná oproti velikosti posunutí v místě A, neboť rozteč fiktivních antén tvořených dvojicemi I, II a III, IV je dvojnásobná v porovnání s roztečí antén I a II nebo III a IV. Při dodržení této zásady je soustava dobře nafázována při dosažení maximálního příjmu.

Pro nastavování jiných konfigurací anténních řad lze snadno odvodit analogické vztahy mezi fázovými korekcemi v jednotlivých spojkách.

42. SLUČOVÁNÍ RŮZNÝCH SIGNÁLŮ DO JEDNOHO NAPÁJEČE

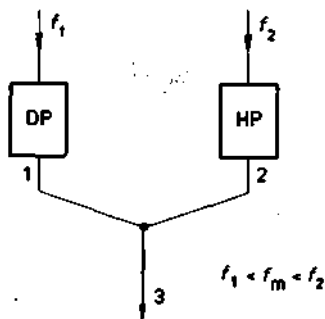
Při příjmu několika signálů je zpravidla třeba použít několik antén, protože širokopásmová anténa většinou nevyhoví svým ziskem a navíc signály obvykle přicházejí z různých směrů. Z ekonomických důvodů je žádoucí, aby všechny antény byly připojeny na jeden napáječ. Spojení jednotlivých svodů musí být takové, aby veškerá energie z antény přešla pouze do společného napáječe a nikoli do svodů od ostatních antén, které by ji vyzářily zpět do prostoru. Navíc se toto spojení musí z hlediska jednotlivých svodů jevit jako přizpůsobené, aby nedocházelo k odrazům (či. 18).

Principiálně není možné slučovat signály bez ztrát energie. Čím více se však kmitočty slučovaných signálů liší, tím je slučovací odvod jednodušší a ztráty energie jsou menší. V zásadě existují dva způsoby sloučení signálů. Jeden je založen na použití kmitočtových propustí a kmitočtových zádrží, druhý využívá přenosových vlastností úseků vedení.

a) Slučovač tvořený odvody LC

Signály s dostatečně odlišnými kmitočty se slučují téměř výhradně pomocí kmitočtových propustí. Způsob slučování je schematicky znázorněn propustí. Způsob slučování je schematicky znázorněn na obr. 87. Mezní kmitočet f_m obou propustí je volen tak, že dolní propust je pro nižší kmitočet f_1 průchozí a pro vyšší kmitočet f_2 má maximální útlum a horní propust má vlastnosti právě opačné. Z hlediska signálu větve 1 se tedy větev 2 jeví jako zkrat a veškerá energie postupuje do větve 3. Analogicky prochází signál druhé větve. Podmínkou dobré funkce je, aby kmitočtové charakteristiky propustí byly natolik strmé, že kmitočty f_x a f_2 nebudou

v jejich přechodových částech. Dále musí být propusti impedančně přizpůsobeny na vř vedení. Impedanční nepřizpůsobení slučovačů bývá často příčinou nepsravné funkce — kromě ztrát dochází i ke zhoršení kvality obrazu. Pro kmitočtově bližší signály je obtížné dosáhnout potřebné strmosti kmitočtových charakteristik propustí, takže slučovač způsobuje podstatné ztráty.



Obr. 87. Princip sloučení signálů s odlišnými kmitočty

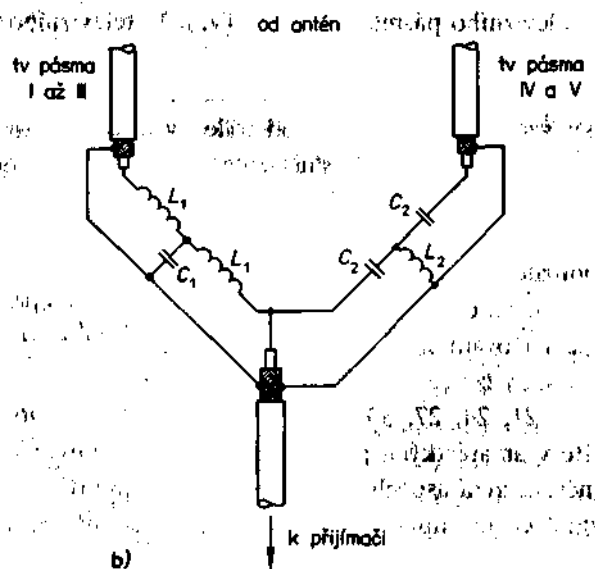
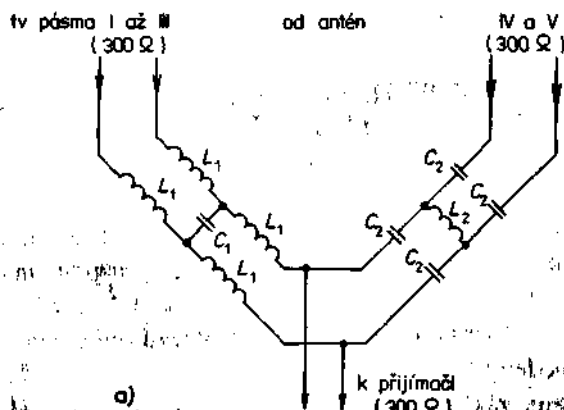
V kapitole IX. jsou uvedeny vztahy pro návrh pásmových propustí a zádrží, podle nichž lze na základě konkrétních požadavků realizovat slučovače. Na obr. 88 je schéma jednoduchého slučovače, vhodného ke sloučení signálů I. a III. televizního pásma se signály IV. a V. televizního pásma. Konstrukční uspořádání selektivního slučovače v nesymetrickém provedení je na obr. 89. V místech, kde jsou součástky připevněny, je z desky odstraněna fólie; vzdálenost součástek od fólie by měla být asi 3 mm. Přenosová charakteristika popsaného slučovače je na obr. 90.

Složitější výhybka pro sloučení signálů I., III. a IV., V. televizního pásma je na obr. 91, na obr. 92 jsou průběhy útlumů. Mezní kmitočet větve I je asi 100 MHz, je tedy použitelný i pro FM rozhlas. Rozšíření slučovače o vstup pro VKV-FM II je na obr. 93 a 94.

Častým požadavkem je slučování signálů v jednom pásmu. Dostatečně strmé útlumové charakteristiky lze realizovat pásmovými propustmi. Příklad slučovače pro kanály 21, 24, 27, 30, 35 a 41 je na obr. 95 a 96. Uvedený slučovač je ještě v amatérských podmínkách realizovatelný, ale bez možnosti jeho proměření není úspěch stavby zaručen. Výhodný průběh útlumové charakteristiky je zaplacen citlivostí slučovače na jeho nastavení.

Slučovač signálů pásem UHF a VHF je možné vytvořit z transformačního členu používaného na účastnické šňůře pro společné televizní antény (obr. 105). Transformační člen je použitelný v „obou směrech“ a navíc obsahuje symetrizační obvody, což zjednoduší instalaci antén.

Sloučení signálů sousedních kanálů nebo kanálů oddělených jedním kanálem selektivním slučovačem není uspokojivé. Vhodnější



Obr. 88. Slučovač VHF/UHF

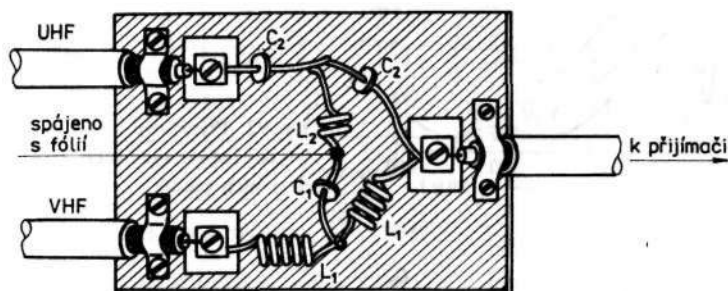
a) symetrické provedení:

$C_1 = 10 \text{ pF}$,
 $C_2 = 7,6 \text{ pF}$, $L_2 - 1$ závit měděného smaltovaného drátu s průměrem 0,5 mm na trnu s průměrem 3 mm, $L_1 - 5$ závitů měděného smaltovaného drátu s průměrem 0,5 mm na trnu s průměrem 3 mm, stoupání 1 mm,

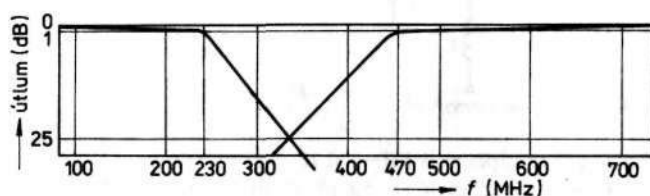
b) nesymetrické provedení:

$C_1 = 10 \text{ pF}$,
 $C_2 = 3,9 \text{ pF}$, $L_2 - 1,5$ závitů měděného smaltovaného drátu s průměrem 0,5 mm na trnu s průměrem 3 mm, stoupání 1 mm

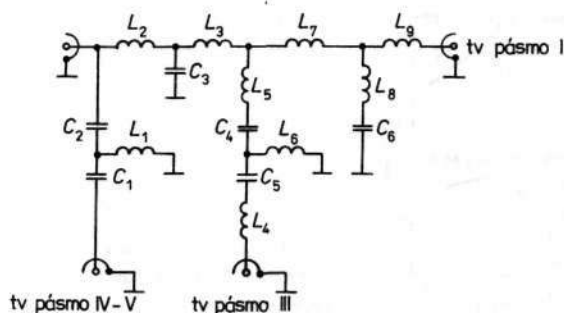
je slučovač tvořený směrovým vedením (zejména při slučování silnějšího signálu se slabým) nebo kruhovým vedením (při slučování rovnocenných signálů).



Obr. 89. Konstrukční uspořádání slučovače LC v nesymetrickém provedení

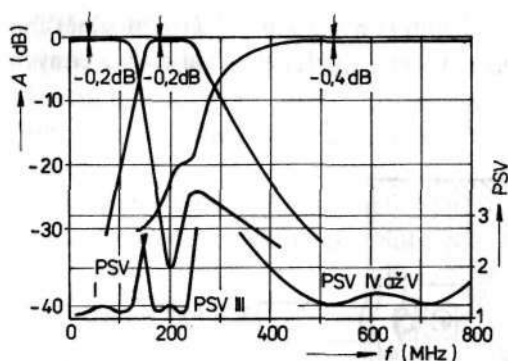


Obr. 90. Přenosová charakteristika slučovače VHF/UHF

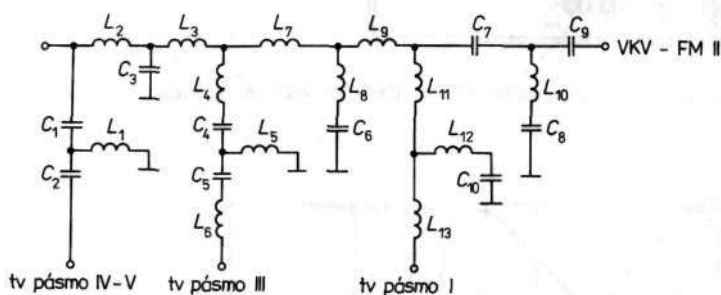


Obr. 91. Slučovač televizních pásem

$C_1 = 4,7 \text{ pF}$, $C_2 = 3,3 \text{ pF}$,
 $C_3 = C_6 = 12 \text{ pF}$,
 $C_4 = 5,6 \text{ pF}$, $C_5 = 6,8 \text{ pF}$
 Cívky jsou vinuty měděným smaltovaným drátem o průměru 0,5 mm na trnu o průměru 3 mm, počty závitů: $L_1 - 2$, $L_2 - 5,5$,
 $L_3 - 3,5$, $L_4 - 4,5$,
 $L_5 - 6$, $L_6 - 4,5$, $L_7 - 7,5$,
 $L_8 - 4$, $L_9 - 5,5$

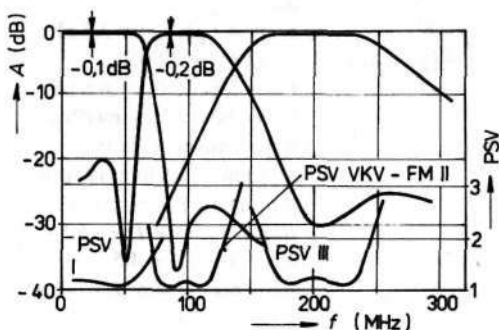


Obr. 92. Přenosové charakteristiky slučovače televizních pásem

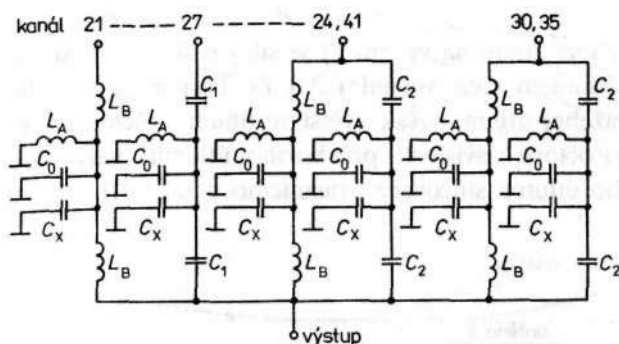


Obr. 93. Slučovač televizních pásem a pásma VKB-FM II

$C_1 = 4,7 \text{ pF}$, $C_2 = 3,3 \text{ pF}$, $C_3 = C_6 = 12 \text{ pF}$, $C_4 = 5,6 \text{ pF}$, $C_5 = 6,8 \text{ pF}$, $C_7 = 22 \text{ pF}$, $C_8 = C_9 = 56 \text{ pF}$, $C_{10} = 33 \text{ pF}$. Cívky jsou vinuty měděným smaltovaným drátem o průměru 0,5 mm na trnu o průměru 3 mm, počty závitů: $L_1 - 5,5$, $L_3 - 3,5$, $L_4 - 4,5$, $L_5 - 6$, $L_6 - 4,5$, $L_7 - 7,5$, $L_8 - 4$, $L_9 - 4,5$, $L_{10} - 11,5$, $L_{11} - 15,5$, $L_{12} - 6,5$, $L_{13} - 10,5$



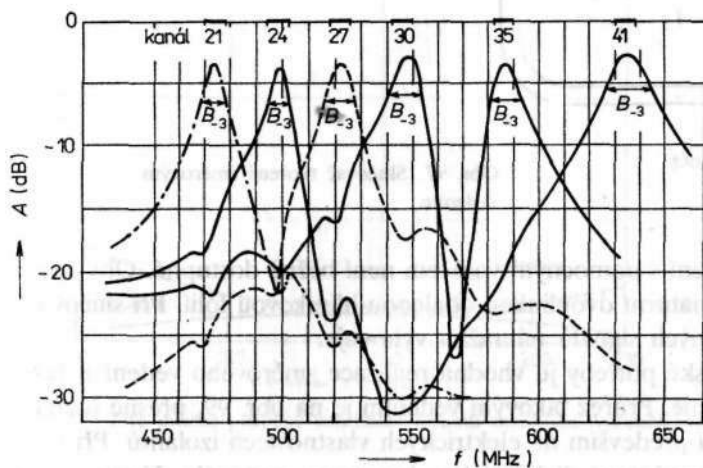
Obr. 94. Přenosové charakteristiky slučovače televizních pásem s pásma VKV-FM II



L_A - měděný drát $\varnothing 1,4$ mm, tvar $\sqrt[10]{15}$, délka 25 mm

Obr. 95. Slučovač kanálů v pásmu UHF

C_0 - skleněný trimr 0,5 až 4,5 pF, pro kanály 21, 24, 27, 30 $C_x = 2,2$ pF, pro kanály 35 a 41 $C_x = 1$ pF, $C_1 - 2 \times 1$ pF v sérii, C_2 - pahýl miniaturní dvoulinky, dlouhý 25 mm, $L_B - 8,5$ závitů měděným smaltovaným drátem o průměru 0,5 mm na trnu o průměru 3 mm

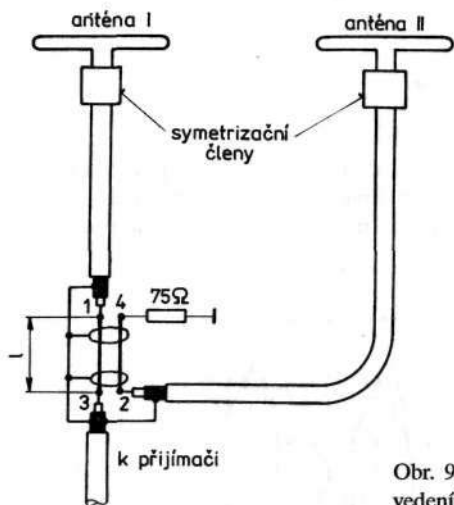


Obr. 96. Přenosové charakteristiky slučovače kanálů v pásmu UHF

b) Slučovač tvořený směrovým vedením

Slučovač tvořený směrovým vedením (obr. 97) využívá toho, že je-li čtvrtvlnný úsek sousedního vedení opatřen pomocným vodičem, přenáší se signál z vedení 2 do společného svodu a přenos signálu po vedení

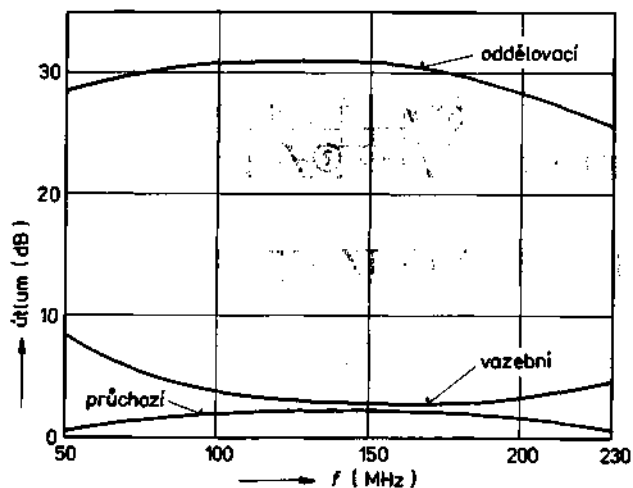
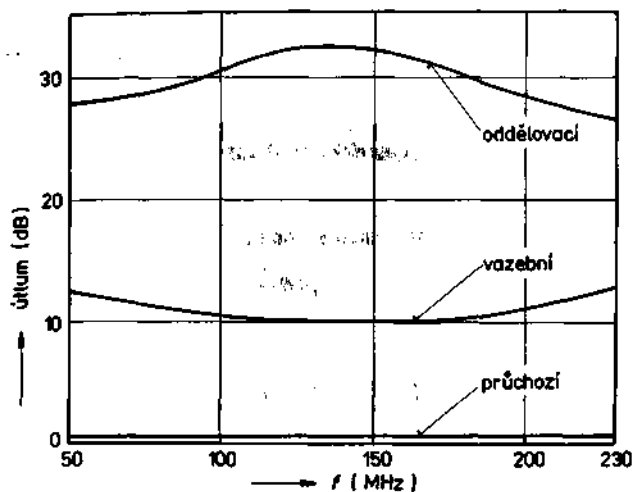
/ zůstává téměř neovlivněn. Slučovač je tedy vhodný pro slučování slabého signálu (malý průchozí útlum na vedení /) se silným signálem (signál se zeslabí vazebním útlumem mezi vedením 2 a 1). Tvarem směrového vedení lze zmenšit vazební útlum, avšak zvětší se útlum průchozí. Dva typické příklady kmitočtové závislosti průchozího útlumu, vazebního útlumu a oddělovacího útlumu slučovače pracujícího v I. až III. pásmu jsou na obr. 98.



Obr. 97. Slučovač tvořený směrovým vedením

Souosé vedení s pomocným vodičem není běžně dostupné. Obvykle se nahrazuje miniaturní dvoulinkou obalenou hliníkovou fólií. Při slučování dostatečně silných signálů náhražka vyhovuje.

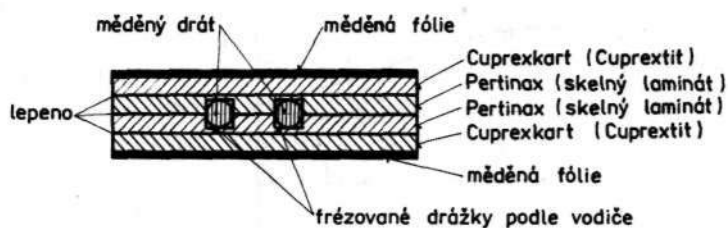
Pro amatérské potřeby je vhodná realizace směrového vedení z desek pro plošné spoje. Průřez takovým vedením je na obr. 99, přesné rozměry vedení závisejí především na elektrických vlastnostech izolantů. Při návrhu je třeba respektovat dielektrickou konstantu materiálu. V tab. 4 jsou uvedeny elektrické parametry plátovaných materiálů dostupných v ČSFR. Ztrátový úhel δ je mírou útlumu vysokofrekvenční energie v izolantu; menší hodnota $\text{tg } \delta$ je výhodnější. V posledním sloupci tabulky je uveden činitel zkrácení, $V = 1/\sqrt{\epsilon_r}$. Závislosti příčných rozměrů směrového vedení na relativní permitivitě pro tři různé hodnoty vazebního útlumu jsou na obr. 100. Pro jednoduchost se předpokládá, že střední desky s vyfrézo-



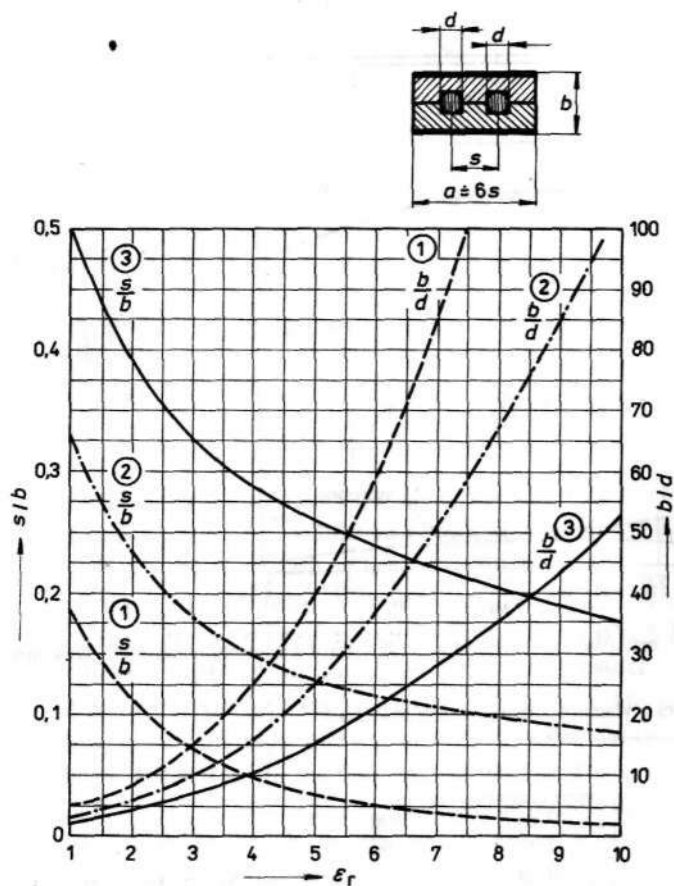
Obr. 98. Dva možné průběhy vazebního útlumu slučovače tvořeného směrovým vedením

Tabulka 4. Dielektrické vlastnosti plánovaných materiálů

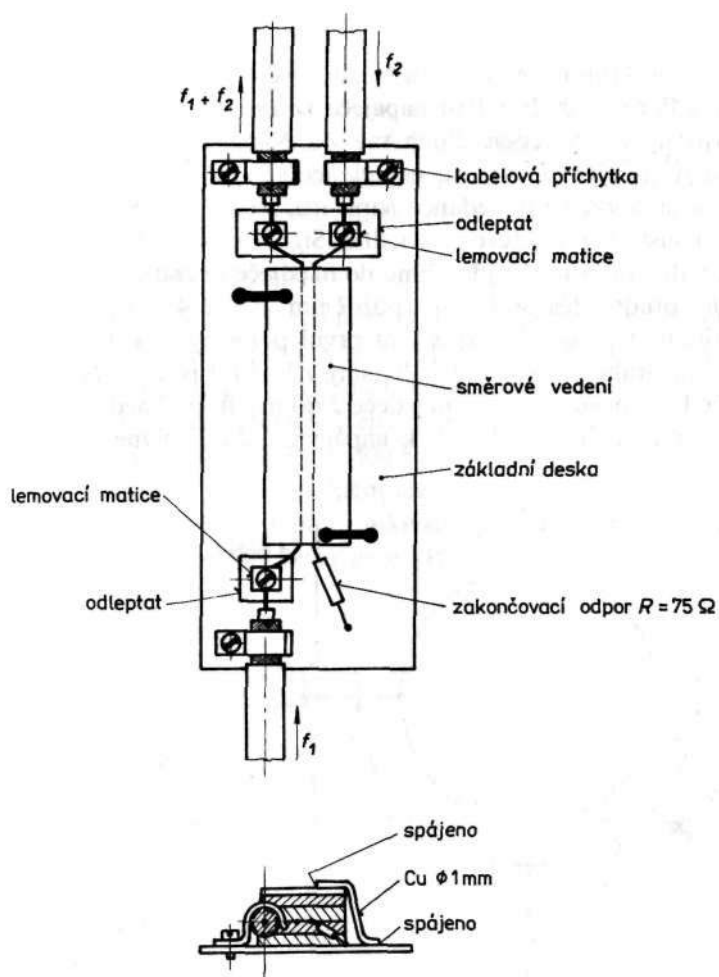
Druh materiálu	ϵ_r	$\text{tg } \delta$	Činitel zkrácení
Cuprexpakart	3 až 8	$800 \cdot 10^{-4}$	0,58 až 0,36
Cuprexpelit	4 až 6	$600 \cdot 10^{-4}$	0,50 až 0,40
Noryl	2,8 až 3,2	$150 \cdot 10^{-4}$	0,60 až 0,56
Polyfenylenoxid	2,5	$1 \cdot 10^{-4}$	0,63



Obr. 99. Průřez směrovým vedením z desek pro plošné spoje



Obr. 100 Závislost vazebního útlumu směrového vedení na jeho příčných rozměrech



Obr. 101. Mechanické provedení slučovače tvořeného směrovým vedením

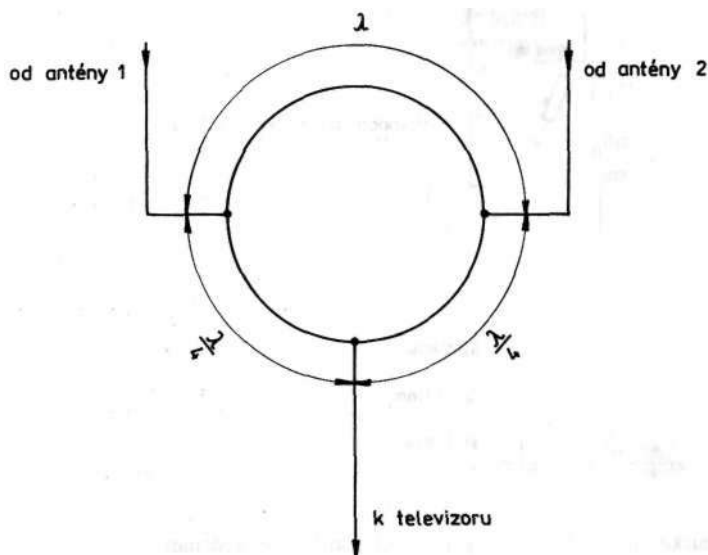
ványými drážkami jsou ze stejného materiálu jako plátované desky. Délka vedení L je pak dána vztahem

$$L = \frac{300}{4f_2} V$$

Mechanické provedení směrového vedení na základní desce z plátovaného materiálu je na obr. 101.

c) Slučovač tvořený kruhovým vedením

Slučovač tvořený kruhovým vedením využívá periodického opakování vlny na vedení. Podle obr. 102 jsou napáječe antén 1 a 2 připojeny ke společnému svodu 3 úseky vedení dlouhými $\lambda/4$. Napáječe jsou navzájem spojeny vedením dlouhým λ . Vlnová impedance všech úseků kruhového vedení je stejná jako vlnové impedance napáječů, tedy 75Ω . Symetrické vedení není z konstrukčních důvodů vhodné. Signál v bodě 1 se dělí na dvě poloviny. Jedna polovina přijde přímo do napáječe se zpožděním $\lambda/4$, druhá polovina přijde přes bod 2 se zpožděním $\lambda + \lambda/4$, tedy ve fázi s první polovinou. V bodě 2 je zpoždění první poloviny $\lambda/4 + \lambda/4 = \lambda/2$, zpoždění druhé poloviny je λ . Signály z bodu 1 jsou v bodě 2 v protifázi, takže k přenosu energie z napáječe 1 do napáječe 2 nedojde. Ze symetrie kruhového vedení vzhledem k napáječům 1 a 2 plyne chování



Obr. 102. Slučovač tvořený kruhovým vedením

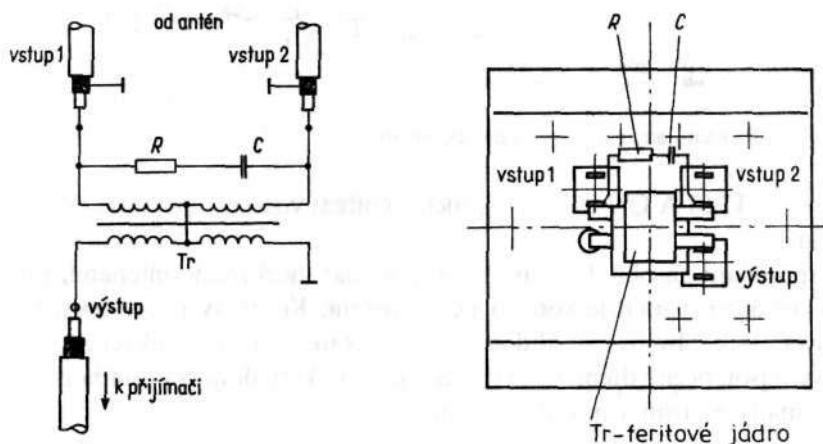
signálu z napáječe 2. Slučovač tvořený kruhovým vedením je tedy vhodný pro slučování rovnocenných signálů s blízkými kmitočty. Slučované signály musí být ze stejného televizního pásma. Vlnová délka, k níž se vztahují délky vedení, se zpravidla určuje ze středního kmitočtu

$$f_{\text{stř}} = \sqrt{f_1 f_2}$$

Popsaný slučovač bohužel není možné přizpůsobit k napáječům, část energie se vždy odrazí zpět k anténě. Další nevýhoda slučovače, vyplývající ze skládání signálů ve dvou větvích, je, že přijímá-li jedna anténa i signál, pro nějž je použita druhá anténa, dojde ke zhoršení kvality obrazu. Není-li možné směřováním použitých antén zabránit parazitnímu příjmu, musí se před vstupem do slučovače použít selektivní propust.

d) Hybridní obvod

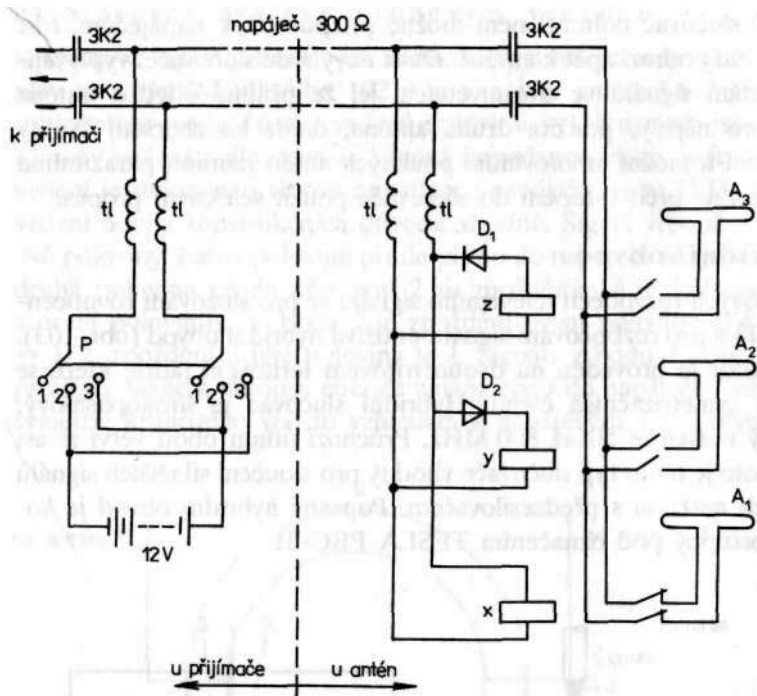
V kabelových rozvodech televizního signálu se pro slučování rovnocenných signálů a pro rozbočování signálu používá hybridní obvod (obr. 103). Transformátor je proveden na dvouotvorovém feritovém jádru, které se používá u symetrizačních členů. Hybridní slučovač je širokopásmový, kmitočtový rozsah je 50 až 800 MHz. Průchozí útlum obou větví je asi 3,5 dB. Proto je tento typ slučovače vhodný pro sloučení silnějších signálů přijímaných anténou s předzesilovačem. Popsaný hybridní obvod je komerčně dostupný pod označením TESLA PBC-21.



Obr. 103. Hybridní člen

e) dálkové přepínání antén

Všechny popsané slučovače vnášejí do cesty signálům průchozí útlum. Při příjmu slabých signálů bez předzesilovače bývá zvětšení útlumu neúnosné. Řešením může být přepínání antén dálkově ovládaným mechanickým spínačem, např. podle obr. 104. Při použití vhodných relé, např.



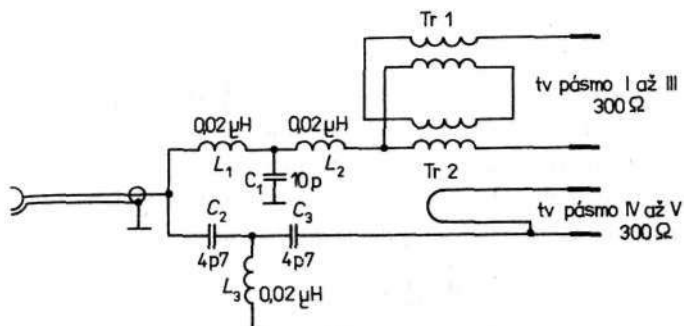
Obr. 104. Přepínání antén elektromagnetickými relé

mikrorelé TESLA QN 59925, je průchozí útlum vnesený spínačem zanedbatelný.

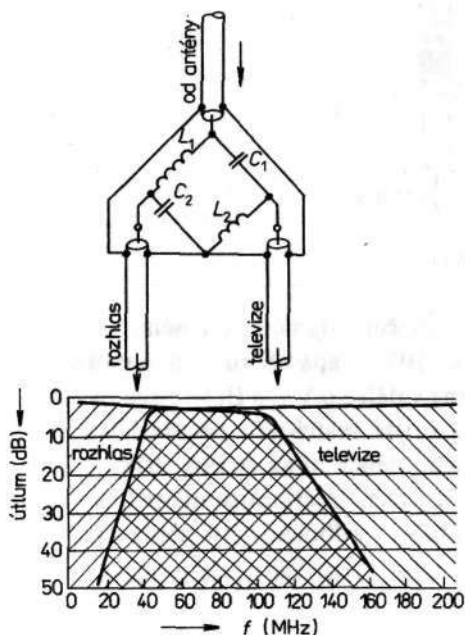
Uspořádání na obr. 104 umožňuje přepínat mezi třemi anténami, přičemž ovládací napětí je vedeno po vf vedení. Kontakty relé x musí být upraveny tak, aby byly v klidové poloze sepnuty. Vysokofrekvenční tlumivky ti jsou běžné tlumivky vytvořené asi 20 závitů drátu s průměrem 0,4 (Cu-smalt) na trnu s průměrem 4 mm.

43. ROZDĚLENÍ SIGNÁLŮ PŘED PŘIJÍMAČEM

Kanálové voliče televizních přijímačů mají zpravidla oddělené vstupy pro pásma VHF a UHF. Moderní přijímače jsou vybaveny společným souosým konektorem a signály jsou rozděleny uvnitř přijímače. Starší televizory mají oddělené zdíčky pro I. až III. a IV a V. televizní pásmo, je tedy třeba signály různých pásem nejprve oddělit.



Obr. 105. Schéma šňůry pro společné antény



Obr. 106. Kmitočtová výhybka pro oddělení rozhlasového signálu

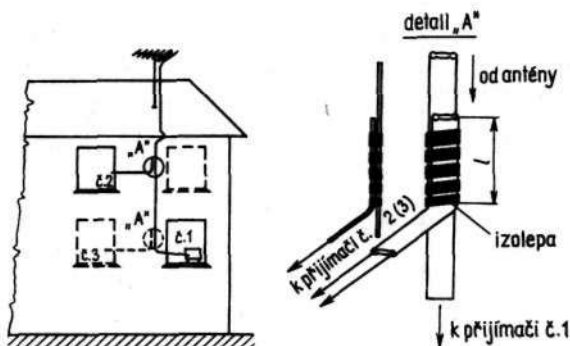
$C_1 = 16 \text{ pF}$,
 $C_2 = 18 \text{ pF}$, $L_1 = 0,11 \text{ μH}$,
 $L_2 = 0,07 \text{ μH}$

Kmitočtové rozdělení signálů je analogické slučování signálů u antény slučovači s obvodem LC . Problémy s blízkými kmitočty nevznikají, pásma VHF a UHF jsou vzájemně dostatečně vzdálena. Plně se osvědčil transformační obvod z účastnické šňůry pro televizi pro společné televizní antény. Její zapojení včetně symetrizačních členů je na obr. 105.

Je-li svodem veden i rozhlasový signál, je třeba zařadit kmitočtovou výhybku (např. podle obr. 106).

44. ROZBOČENÍ SIGNÁLŮ

Častým požadavkem v praxi je připojení několika přijímačů k jednomu svodu. Účastnické zásuvky pro společné antény PZK 11 jsou vhodné pro rozvod silného signálu; jejich vazební útlum je kolem 14 dB. Při menším počtu odboček lépe vyhoví použití hybridního členu jako rozbočovače; útlum vložený rozbočováním je asi 4,5 dB.



Obr. 107. Odbočení signálu přiložením dvoulinky

Osvědčený jednoduchý způsob odbočení signálu vedeného symetrickým vedením je naznačen na obr. 107. Napáječ zůstává neporušený, dvoulinky jsou k sobě pouze přiloženy v délce /. V I. a II. televizním pásmu je vhodná délka $l = 80$ až 120 mm, ve III. televizním pásmu délka 50 až 80 mm a ve IV. a V. televizním pásmu délka 20 až 40 mm. Čím je délka l větší, tím menší je vazební útlum a průchozí útlum se naopak zvětšuje. Důležité je, aby délka přívodu k přijímači v odbočné větvi nepřesáhla 5 m.

IV. KONSTRUKCE ANTÉN

.

Výsledek amatérské stavby antény závisí zejména na pečlivosti mechanického provedení. Ne všechny konstrukční detaily však mají podstatný vliv na elektrickou funkci antény. Při stavbě antény je tedy třeba si uvědomit skutečnosti probrané v kapitole III a z jejich hlediska dodržet přiměřenou přesnost výroby. S ohledem na realizační možnosti nebyly zařazeny návody na antény, u nichž jsou požadavky na přesné dodržení rozměrů neúměrné.

Při volbě typu antény je třeba brát v úvahu podmínky v místě instalace, zejména intenzitu elektromagnetického pole a jeho homogenitu, přítomnost rušivých signálů a další faktory, uvedené v předcházejících kapitolách. Mnohá zklamání při použití jinde osvědčených typů antén jsou způsobena nerespektováním uvedených skutečností.

Výběr typu antény je ovlivněn i možnostmi jejího mechanického upevnění na stožáru. Velikost profilu antény vystaveného tlaku větru je omezena tuhostí stožáru a kvalitou jeho kotvení.

Nedílnou součástí výstavby anténního systému musí být i ochrana před účinky atmosférické elektřiny. To je také důvod, proč všechny popisované antény mají nosnou konstrukci kovovou a jsou vodičivě spojeny s jednotlivými prvky i v případech, kdy to z vysokofrekvenčního hlediska není potřebné (např. ráhno antény Yagi).

45. KONSTRUKČNÍ MATERIÁL

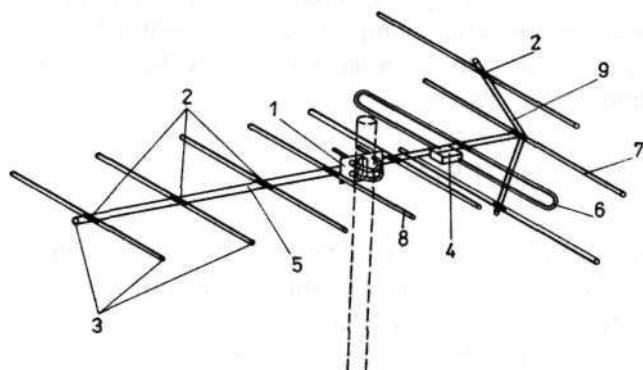
Na materiál použitý při stavbě antény jsou kladeny protichůdné požadavky z hlediska mechanické odolnosti a stálosti na jedné straně a z hlediska jednoduchosti výroby na straně druhé.

Vhodným materiálem jsou slitiny hliníku s hořčíkem (Al-Mg), tzv. dural. Vykazují dobrou pevnost, mají malou hustotu, vzdorují korozi a při trvalém namáhání se jejich vlastnosti nezhoršují. Osvědčené jsou materiály ČSN 42 4401.61 (na ráhno), ČSN 42 4413.9 (na trubky) a ČSN 42 4254.61 (na tyčové profily).

Čistý hliník není příliš vhodný, je poměrně měkký a málo pružný. Je-li vystaven trvalému tlaku, nevratně se deformuje („teče“). Zcela nevyhovujícím materiálem je mosaz. Tento materiál navlhá, neboť voda vniká mezi krystaly zinku. Vlivem změn teplot se struktura rozruší tak, že zpravidla po jedné zimě se mosazná trubka úplně rozpadne.

Slitina Al-Mg po krátké době na povrchu oxiduje. Vzniklá vrstva oxidu působí jako ochrana proti dalšímu postupu koroze. Vliv oxidované vrstvy na výsledné vlastnosti antény je zcela zanedbatelný. Je sice pravda, že se vysokofrekvenční ztráty v pásmech VHF a UHF vlivem špatné vodivosti oxidu zvětší řádově 100krát, ale vliv vysokofrekvenčních ztrát na účinnost antény je tak zanedbatelný, že stonásobné zvýšení vf ztrát se projeví zmenšením účinnosti asi o 1 %. Podobně jako oxidační vrstva působí ochranný nátěr ocelových částí; ani tímto nátěrem se elektrické vlastnosti antény výrazně nezmění. Někteří zahraniční výrobci antén inzerují antény z postříbřeného materiálu, který má vynikající vysokofrekvenční vlastnosti; z hlediska funkce antény je to však pouze obchodní reklama.

Nejčastěji používané profily laděných prvků jsou trubky a tyče kruhového nebo řidčeji čtvercového průřezu, někdy se používají i ploché páskové vodiče. Profil laděného prvku má vliv na jeho elektrické vlastnosti. Používají-li se laděné prvky s jiným průřezem, než pro jaký je anténa navržena, je třeba tuto změnu vhodným způsobem kompenzovat. Méně přísné jsou požadavky na pomocné části antény — ráhno, vzpěry a výztu-



Obr. 108. Konstrukční prvky antén

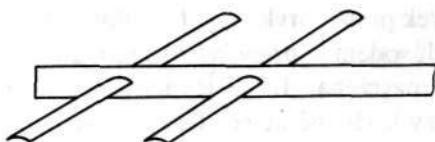
1 — třmen pro uchycení antény 5 na stožár, 2 — příchytky prvků 6, 7, 8 na ráhno, 3 — zaslepovací zátky, 4 — ochranná krabice svorek, 6 — zářič, 7 — reflektory, 8 — direktory, 9 — pomocné ráhno reflektorů

hy. Jistá opatrnost je potřebná v pásmech UHF, zejména v V. televizním pásmu, kde jsou průřezy pomocných prvků zpravidla větší než dvacetina vlnové délky. Záměna antény Yagi nevodivou tyčí (což odporuje požadavkům ČSN 34 1380 a ČSN 34 1390, viz. kap. VII.) se projeví i v pásmech VHF.

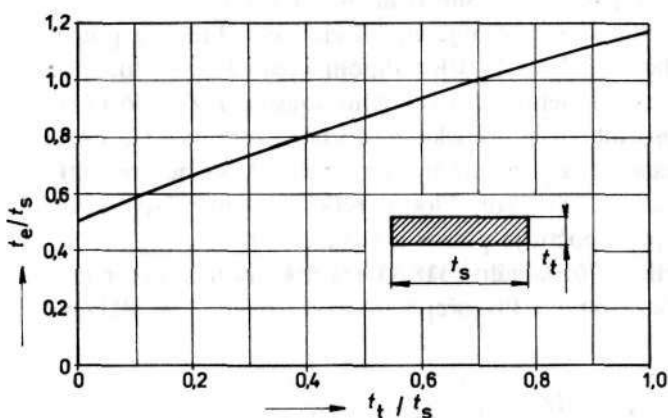
Jednotlivé problémy konstrukce antén ukážeme na anténě typu Yagi (obr. 108). Závěry však lze použít i pro jiné typy antén pro I. až V. pásmo.

46. ZMĚNA PROFILU LADĚNÝCH PRVKŮ

Navržené rozměry prvků dipólového typu, používaných zejména pro antény Yagi, platí ve většině publikovaných návodů pro kruhový průřez. Z konstrukčních důvodů je zejména u antén pro pásma UHF mnohdy vhodné použít prvky z páskového vodiče (obr. 109). Na obr. 110 je graficky znázorněna závislost poměru průměru t_e ekvivalentního kruhového profilu k šířce t_s plochého pásu na poměru tloušťky t_t pásu k jeho šířce t_s . Plochý profil musí být orientován delší stranou rovnoběžně s osou antény (obr. 109). Mezními případy jsou čtvercový profil ($t_e = 1,18t_s$)

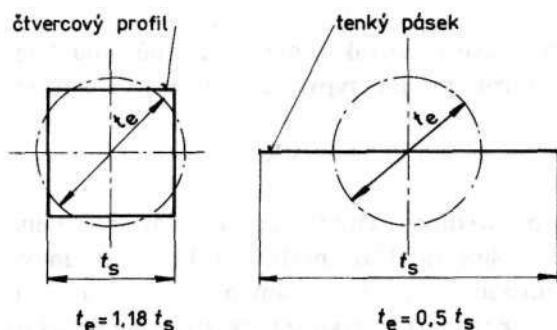


Obr. 109. Prvek z páskového vodiče



Obr. 110. Závislost průměru ekvivalentního kruhového profilu na tloušťce pásu

a nekonečně tenký pásek ($t_e = 0,5 t_s$), znázorněné na obr. 111. Ostré hrany / obdélníkových profilů by měly být na koncích prvků otupeny (parazitní/ indukčnosti). /



Obr. 111. Mezní případy páskového profilu

47. ZMĚNA PRŮMĚRU LADĚNÝCH PRVKŮ

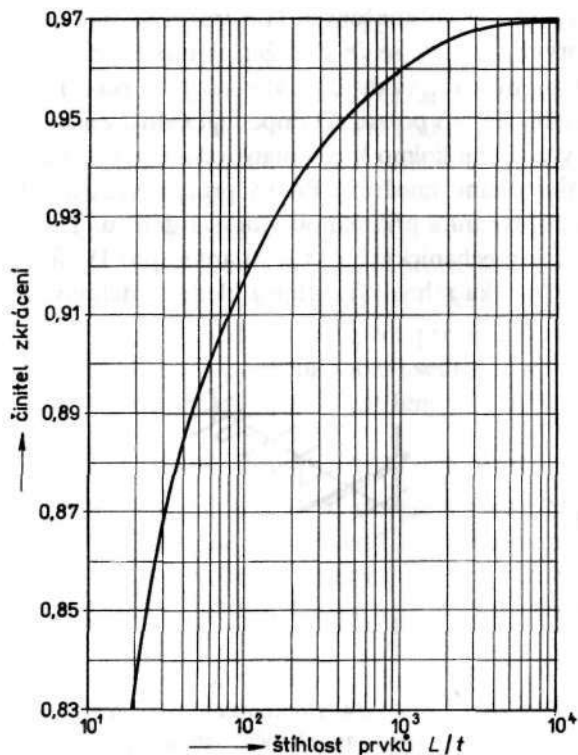
Délka laděných prvků kruhového průřezu závisí na jejich tloušťce. V praxi se často vyskytne požadavek použít prvky jiné tloušťky, než na jakou je anténa navržena. Typickým důvodem je přepočítání rozměrů antény na jiný kmitočet, než na jaký byla navržena. To je jednoduché, stačí zachovat poměr všech rozměrů antény k vlnové délce. Takto vypočítané průměry prvků jsou však často z mechanického hlediska nepříjemné a je třeba stanovit délky prvků příslušné realizovatelné tloušťce.

Pro dipól v rezonanci se definuje činitel zkrácení, který je poměrem délky dipólu zadané štíhlosti k délce dipólu ideálně tenkého. Štíhlost prvku se udává poměrem jeho délky L k jeho tloušťce, t . Závislost činitele zkrácení na štíhlosti dipólu je graficky znázorněna na obr. 112. Přestože závislost platí přesně pouze pro dipóly rezonanční délky, její použití pro prvky laděné mimo rezonanci (direktory a reflektory) nezpůsobí podstatnou chybu. Postup přepočtu je patrný z následujícího příkladu:

Anténa pro příjem 26. kanálu (518 MHz) má první direktor dlouhý 278 mm, s tloušťkou 6 mm. Při přepočtu na kmitočet 750 MHz vyjde délka direktoru

$$278 \text{ mm} \cdot \frac{518 \text{ MHz}}{750 \text{ MHz}} = 192 \text{ mm}$$

Tloušťka vyjde 4,15 mm. Při použití prvků s průměrem 6 mm nejprve zjistíme délku ideálně tenkého dipólu. Štíhlost prvku je $192/4,15 = 46,25$, z grafu přečteme činitel zkrácení 0,891. Ideálně tenký direktor by byl dlouhý $192:0,891 = 215,5$ mm. Prvek tloušťky 6 mm má štíhlost 32, tedy ideální direktor je třeba zkrátit na $215,5 \cdot 0,873 = 188$ mm. Zvětšení tloušťky direktoru ze 4,15 mm na 6 mm je tedy kompenzováno jeho zkrácením o 4 mm, což je výrazná změna.



Obr. 112. Závislost činitele zkrácení na štíhlosti laděného prvku

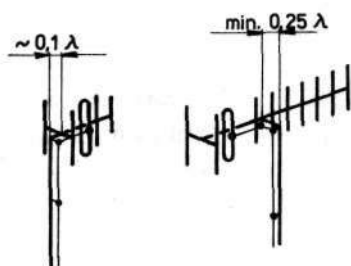
Činitel zkrácení nezávisí na štíhlosti prvku lineárně. Je-li štíhlost prvku malá, je obtížné určit činitel zkrácení s dostatečnou přesností. Proto se při změnách průměrů prvků nedoporučuje zmenšovat štíhlost pod 20.

Platí zásada, že kompenzace zmenšení štíhlosti prvků jejich zkrácením je nezbytná, zatímco při zvětšení štíhlosti bez kompenzace prodloužením prvků se vlastnosti antény podstatně nezhorší. Souvisí to se skutečností,

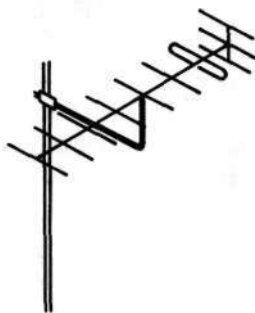
že nad horním koncem kmitočtového pásma antény se její zisk zpravidla rychle zmenšuje, zatímco při snižování pracovního kmitočtu se zisk antény zmenšuje povlnněji.

48. VLIV POMOCNÝCH PRVKŮ

Pomocné prvky — ráhno antény, vzpěry, stožár a popř. výložné rameno — by měly co nejméně deformovat uspořádání elektromagnetického pole v blízkosti antény, respektive jejích částí majících vliv na elektrické vlastnosti antény. Je-li u vyzkoušených konstrukcí doporučeno uspořádání pomocných prvků, vyplatí se je dodržet, protože případné parazitní vlivy bývají kompenzovány. Podstatný vliv na tvar pole mají vodivé tyče orientované rovnoběžně s polarizací dopadající vlny. Zásadně se proto výztuhy a nosníky umísťují kolmo k přijímané polarizaci (polarizace je v I. až V. televizním pásmu lineární). Příčný průřez pomocných prvků by měl být malý v porovnání s přijímanou vlnovou délkou. Tento požadavek může být příčinou mechanických obtíží u antén pro IV a V. televizní pásmo, kde např. tloušťka ráhna přijatelná z hlediska délky vlny vychází dosti malá.



Obr. 113. Upevnění vertikálně polarizované antény



Obr. 114. Horizontálně polarizovaná anténa na výložném rameni

Stejným způsobem je třeba respektovat vliv stožáru. Antény pro příjem vertikální polarizace musí být upevněny na výložných ramenech v dostatečné vzdálenosti od stožáru (obr. 113). Horizontálně polarizované antény by měly být upevněny ke stožáru tak, že osa stožáru leží v rovině symetrie. Prosté připevnění ráhna antény ze strany ke stožáru je přípustné, neprekročí-li vzdálenost osy ráhna od osy stožáru velikost $\lambda/30$ a je-li uchycení

ráhna ke stožáru rozměrově přiměřené. Ve IV. a V. televizním pásmu je proto často třeba upevnit i horizontálně polarizovanou anténu na výložné rameno, samozřejmě tak, aby ani rameno nepůsobilo rušivě (obr. 114).

49. KONSTRUKČNÍ DETAILS

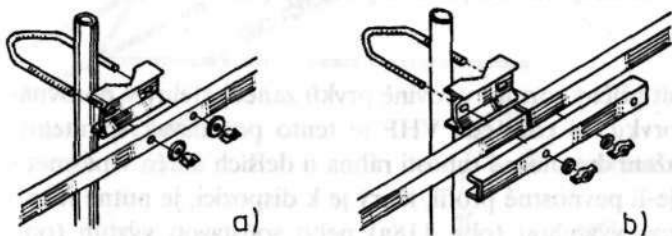
Při konstrukci antény se vyskytne celá řada problémů, zejména v provedení prvků a jejich mechanickém tvarování, vzájemném spojení jednotlivých součástí, statické pevnosti antény, odolnosti proti větru a ochraně proti korozi.

Antény pro I. a II. televizní pásmo jsou značně rozměrné a k problémům se statickou pevností přistupuje i požadavek snadného složení antény z rozměrově přijatelných částí v místě instalace, kde je manipulace zpravidla obtížná.

Duté trubky rozměrných antén by měly být zaslepeny nejen z důvodu ochrany proti korozi, ale také proto, že vzduchový sloupec v otevřené trubici může ve větru rezonovat a rozechvívat konstrukci. Další, na pohled koruiózní, ale reálné nebezpečí pro rozměrné antény znamenají ptáci, kteří s oblibou i ve větším počtu usedají na jejich prvky. Správně konstruovaná anténa by měla snést zatížení 1 kg na konci prvku.

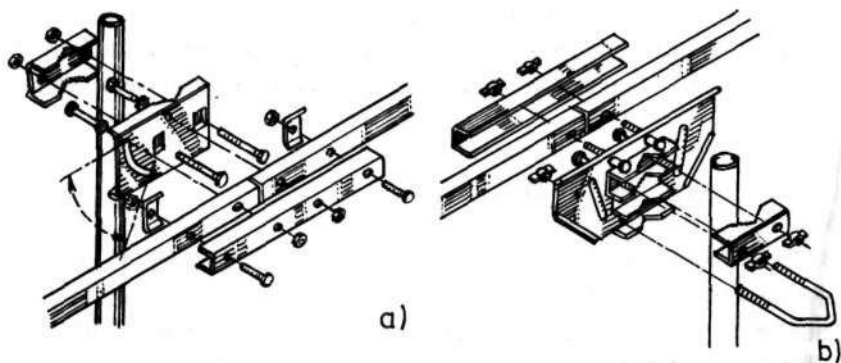
a) Upevnění antény na stožáru

Pevné spojení antény se stožárem zajišťí jednoduchý třmen na ráhnu (obr. 115). Jednoduchý třmen neumožňuje změnu elevačního úhlu antény. Průmyslově vyráběné třmeny jsou přizpůsobeny pro pohyb v elevační rovině. Varianta vhodná pro amatérskou výrobu je na obr. 116.

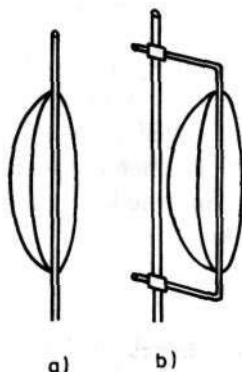


Obr. 115. Konstrukce třmenu

a) jednoduchý třmen, b) třmen spojující dělené jádro



Obr. 116. Konstrukce třmenu umožňující změnu elevačního úhlu antény



Obr. 117. Uchycení parabolické antény
a) na tenký stožár, b) na tlustý stožár

Některé reflektorové antény využívají stožár k vyztužení konstrukce (obr. 117). Je-li stožár příliš silný nebo je-li třeba měnit elevační úhel antény, osvědčilo se uchycení na pomocný stožár (obr. 117b).

b) Ráho

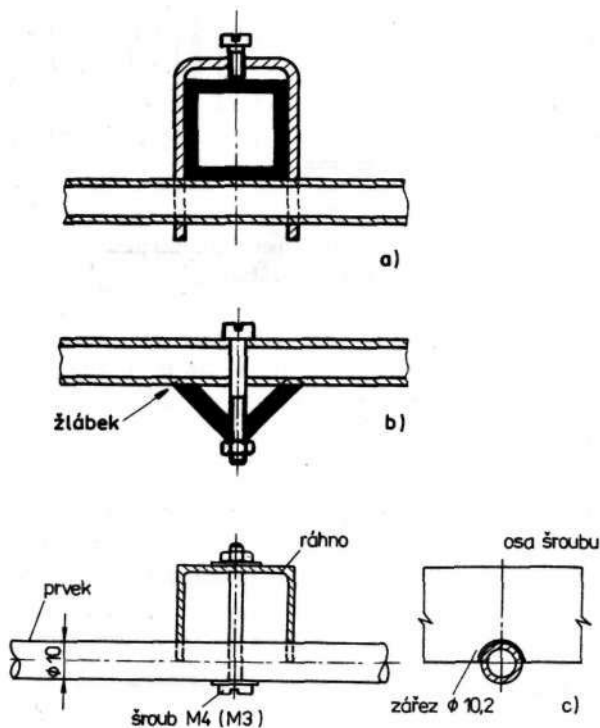
Ráho musí mít příčný rozměr v rovině prvků zanedbatelný v porovnání s rozměrem prvků. V pásmech VHF je tento požadavek splnitelný, obtížnější je dosažení dostatečné tuhosti ráhna u delších antén v pásmech UHF. Nevyhovuje-li pevnostně profil, který je k dispozici, je nutné ráho zpevnit podpůrnou výztuhou (obr. 118a) nebo soustavou výztuh (obr. 118b). Vzájemné rozteče výztuh a ráhna nejsou kritické, volí se v rozmezí 80 až 150 mm.

Neleží-li reflektory antény Yagi v jedné rovině, je mechanicky výhodné uchytit prvky na pomocném ráhnu (obr. 119). Řešení výhodnější z elektrického hlediska je na obr. 120a. Při větším počtu reflektorů (obr. 120b) je tento způsob nezbytný, protože svislé pomocné ráhno by neúnosně zasahovalo do obvodu zářiče.

c) Uchycení prvků na ráhno

Z funkčního hlediska nemusí být prvky antény vodivě spojeny s ráhnem. Teoreticky dokonce může vodivé spojení nepřesně symeticky umístěného půlvlnného prvku zhoršit vlastnosti antény (ráhnem procházejí vyrovnávací proudy). Při dostatečné přesnosti výroby však tato situace nemůže nastat.

Celovlnné prvky mají ve svém středu kmitnu napětí, a proto zde nesmějí být uzemněny. Celovlnné prvky bývají obvykle vetknuty do nenavlhavého izolantu (např. organické sklo). Vodivé upevnění celovlnných prvků musí být umístěno v bodech vzdálených $\lambda/4$ od středu, což v praxi přináší komplikace.



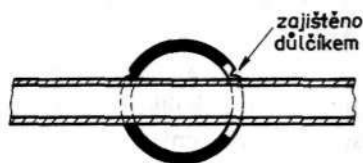
Obr. 121. Uchycení prvků na ráhno s nekruhovým profilem

Upevnění prvků k ráhnu musí být natolik pevné, aby nedocházelo k posunutí prvků vzhledem k ráhnu nebo k vychýlení prvků od kolmice k ráhnu. U antén Yagi je tolerance asi $\pm 3^\circ$ od kolmice, kolmost prvků bližších k zářiči je kritičtější.

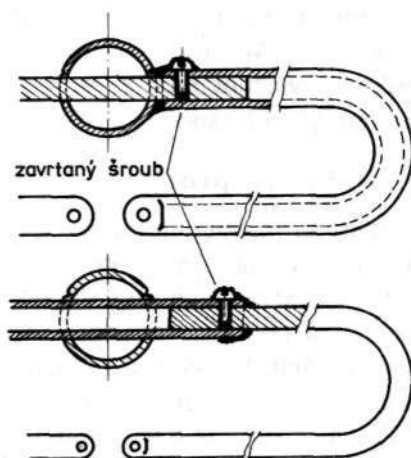
Volba mezi rozebíratelným a nerozebíratelným spojením prvků a ráhna je podmíněna jednak rozměry antény a způsobem její instalace a jednak dílenskými možnostmi. Vhodné je uvážit, že po několikaletém provozu antény je její rozebíratelnost problematická.

Pro rozebíratelné spojení jsou výhodnější ráhna s nekulovým průřezem, u nichž se lépe zajistí rovnoběžnost prvků s rovinou polarizace. Kolmost prvku zaručuje použití třmenu (obr. 121a). Prvky připevněné jednoduchým šroubovým spojením (obr. 121b, c) jsou centrovány žlábkem v ráhnu.

Nerozebíratelně se prvky připevňují buď svařováním, nebo pevným vetknutím do předvrtaných otvorů v ráhnu (obr. 122) a jejich zajištěním (např. deformací spoje důlčíkem). Nevýhodou této (jinak elegantní) metody je, že otvory v ráhnu musí být vrtány s velkou přesností. Možným kompromisem je vyvrtat otvory o něco větší a prvky do otvorů vlepít, např. epoxidovým lepidlem. Vůle v otvorech umožní srovnat prvky před zatuhnutím spojů. Skládání dipól není možné jednoduše vetknout do ráhna. Je-li vyroben ze dvou dílů, vyztužuje se jeho spojení s ráhmem



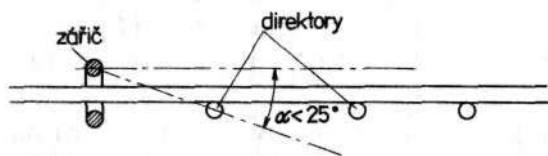
Obr. 122. Zajištění prvku v ráhnu s kruhovým profilem



Obr. 123. Upevnění skládaného dipólu k ráhnu

převlečnou trubkou nebo vloženou tyčkou (obr. 123). Vodivé spojení ramen dipólu zaručí např. zavrtané šrouby.

Dipólové prvky antény musí být rovnoběžné s přijímanou polarizací, ale nemusejí ležet přesně v jedné rovině. Je-li to konstrukčně jednodušší, mohou být do jisté míry umístěny mimo osu. Typickým případem je vytvoření zářiče antény a řady direktorů (obr. 124). Podmínkou správné funkce antény je, aby prvky ležely uvnitř úhlového sektoru $\pm 25^\circ$, naznačeného na obr. 124.



Obr. 124. Přípustné vyosení prvků vzhledem k zářiči

d) Připojení napáječe

Spojení napáječe se svorkami antény musí být dobře vodivé a je třeba mu věnovat náležitou pozornost. Místo připojení napáječe je vhodné pocínovat a celý spoj dále chránit. Nebezpečná je elektrolytická koroze, vyvolaná kontaktním napětím mezi mědí a hliníkem. Doporučuje se opatřit svorky antény ochranným krytem, zpravidla krabici z plastu. Kryt je vhodný i pro umístění symetrizačního členu, popř. anténního zesilovače. Vývody z krabice musí být upraveny tak, aby do ní nestékala voda. Nejlépe je všechny kabely vést spodem. Není správné krabici neprodyšně uzavírat, protože kondenzační vlhkost by způsobila značnou korozi.

e) Ochrana proti korozi

Dobře provedená protikorozní úprava podstatně prodlužuje život antény, zejména v agresivním prostředí, jaké je v průmyslových oblastech. Jak již bylo uvedeno, hliníkové slitiny jsou pokryty tenkou oxidovanou vrstvou, která poskytuje dobrou ochranu. Ocelové díly je bezpodmínečně nutné chránit. V amatérské praxi nepřichází v úvahu galvanické pokovování a je nutné ocelové součástky opatřit nátěrem v několika vrstvách.

Zvláště pečlivě je třeba chránit šroubové spoje. Osvědčeným prostředkem konzervace spojů je Rezistin ML, používaný k nástřiku dutin karosérií automobilů. Prostředkem Rezistin je možné natřít celou anténu, ovšem utrpí tím její vzhled.

50. ANTÉNY YAGI

Nejpopulárnějším typem antén pro amatérskou stavbu jsou antény Yagi, a to z mnoha důvodů. Jejich-mechanická konstrukce je jednoduchá, dodržení přesných rozměrů je v porovnání s jinými anténami méně důležité a zisk antény je dobrý. Při dálkovém příjmu se navíc vhodně uplatní selektivita kanálové antény — potlačí se navíc interference parazitních signálů.

Rozměry prvků antény a jejich vzájemné rozteče musejí mít patřičný vztah k přijímané vlnové délce. Principiálně tedy stačí u dané antény uvést rozměry vztahované k vlnové délce. Případné změny v tloušťce prvků, vyvolané konstrukčními požadavky, se pak provedou podle čí. 47. Jistá volnost ve volbě rozměrů poskytuje prostor k optimalizaci z hlediska mechanické konstrukce. Proto pro amatérskou stavbu existuje řada stavebních návodů s konkrétními rozměry. Osvědčené konstrukce jsou popsány v dalších článcích.

51. ANTÉNY PRO I. A II. TELEVIZNÍ PÁSMO A PRO PÁSMO VKV-FM

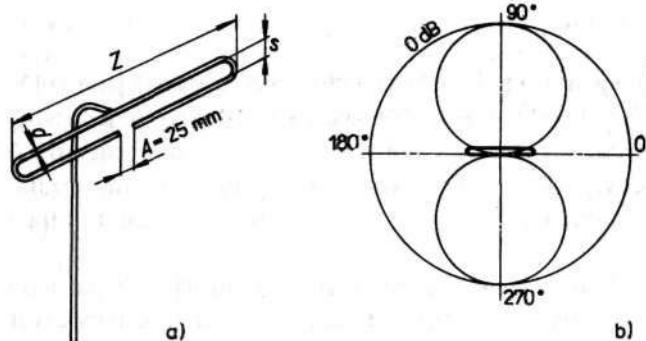
Vzhledem ke značné relativní kmitočtové šířce televizního kanálu v I a II. pásmu jsou všechny antény konstruovány selektivně na jediný kanál nebo na příslušné pásmo VKV—FM.

a) Skládáný dipól (obr. 125, tab. 5)

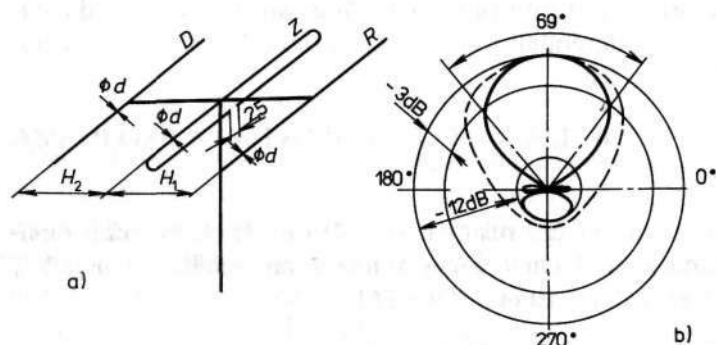
Je vhodný pouze pro místní příjem, a to pouze tam, kde nedochází k mnohosměrovému šíření.

Tabulka 5. Rozměry k obr. 125

Kanál číslo	$f_{\text{střední}}$	Rozměry (mm)		
		Z	S	d
1	52	2 750	75	15
2	62	2 280	75	15
3	80	1 750	70	13
4	88	1 600	70	13
5	96	1 540	60	13
VKV—FM I	69	2 000	75	13
VKV—FM II	93	1 550	60	13



Obr. 125. Skládaný dipól pro I. a II. televizní pásmo a pro pásmo VKV—FM



Obr. 126. Tříprvková anténa pro kanály I. a II. televizního pásma a pásma VKV—FM

Tabulka 6. Rozměry k obr. 126

Kanal číslo	Rozměry (mm)					
	R	Z	D	H_1	H_2	d
1	3 000	2 640	2 440	1 130	865	18
2	2 480	2 190	2 020	940	715	18
3	1 920	1 690	1 560	725	550	16
4	1 750	1 540	1 420	660	500	16
5	1 610	1 420	1 310	610	460	14
VKV—FM I	2 180	1 920	1 770	820	625	18
VKV—FM II	1 670	1 470	1 360	630	480	14

b) Tříprvková anténa (obr. 126, tab. 6)

Je to nepoužívanější anténa v I. a II. televizním pásmu a v pásmu VKV—FM, není-li přijímaný signál znehodnocen odrazy od členitého okolí.

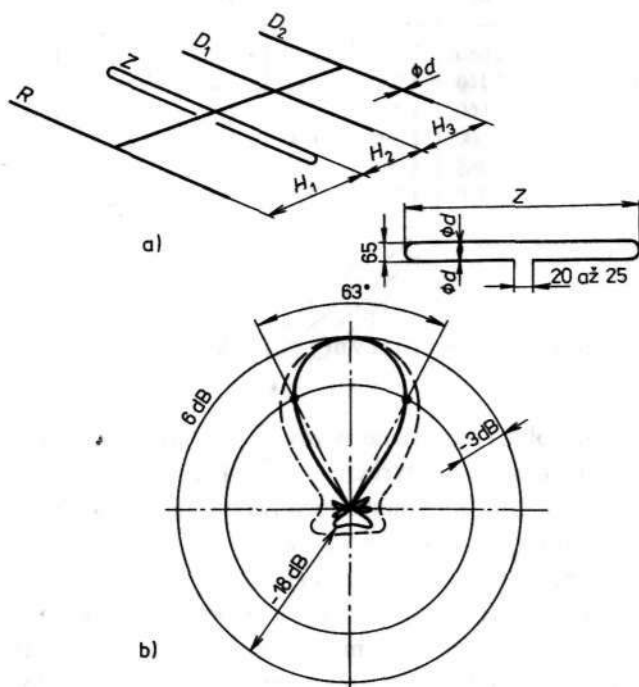
Technické údaje

provozní zisk	4,6 až 5,2 dB
činitel zpětného příjmu	—12 až —14 dB
σ	< 1,25
α_h	72° až 68°
α_v	105°

Kde σ je činitel stojatého vlnění,

α_h třidecibelová šířka svazku ve vodorovné rovině (tedy v rovině polarizace,

α_v třidecibelová šířka svazku ve svislé rovině



Obr. 127. Čtyřprvková anténa pro kanály I. a II. televizního pásma a pásma VKV—FM I

c) Čtyřprvková anténa (obr. 127) ,

Tato anténa je vhodná do míst slabšího až slabého signálu bez větších odrazů. Její rozměry pro kanál č. 1 až 5 a pro pásmo VKV—FM I jsou v tab. 7.

Technické údaje

provozní zisk	5 dB
činitel zpětného příjmu	—16 dB
σ	<1,6
α_1	63°
α_2	95°

Tabulka 7. Rozměry k obr. 127

Kanál číslo	Rozměry (mm)							
	R	Z	D_1	D_2	H_1	H_2	H_3	d
1	3 100	2 880	2 680	2 480	1 170	600	820	18
2	2 630	2 310	2 160	2 000	945	482	660	18
3	2 000	1 770	1 660	1 530	725	370	505	16
4	1 825	1 610	1 500	1 390	660	335	460	12
5	1 680	1 480	1 385	1 280	605	310	425	12
FM I	2 250	1 980	1 860	1 710	820	415	575	16

d — průměr všech prvků včetně zářiče

d) Pětiprvková anténa s dvojitým reflektorem (obr. 128)

1. Provedení se zářičem (obr. 128b, rozměry jsou v tab. 8a). Tato anténa je vhodná pro příjem v městských čtvrtích a tam, kde členitost okolí způsobuje mnohosemrové šíření. Je zejména necitlivá na signály přicházející zezadu. Je velmi vhodná pro svislou polarizaci.

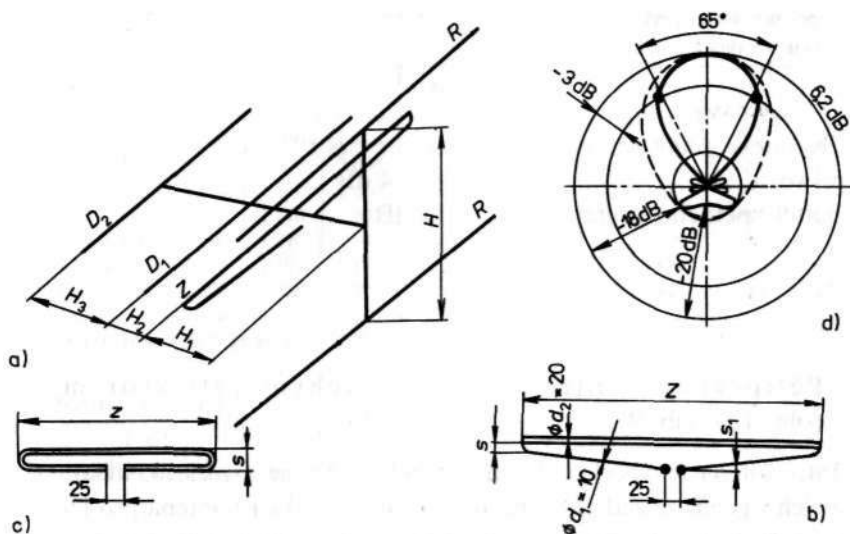
2. Provedení se zářičem (obr. 128c, rozměry jsou v tab. 8b). Tato anténa je zlepšenou verzí pětiprvkové antény s dvojitým reflektorem a zářičem, uvedené na obr. 122b. Je to velmi výkonná anténa pro I. a II. televizní pásmo. Vyrábí se sériově pro společné antény v místech s velmi špatnými podmínkami příjmu.

Tabulka 8a. Rozměry v provedení se zářičem, podle obr. 128b

Kanál číslo	Rozměry (mm)					
	R	Z	D_1	D_2	H	H_1
1	3 160	2 750	2 500	2 420	1 640	1 030
2	2 630	2 320	2 070	2 010	1 360	850
FM I	2 300	2 020	1 820	1 750	1 100	845
3	2 030	1 770	1 600	1 550	1 055	660
4	1 840	1 600	1 450	1 410	950	600
FM II	1 690	1 470	1 340	1 300	880	550

	H_2	H_3	S	S_1	d_1	d_3	d
1	280	1 030	40	110	11	22	18
2	230	850	40	110	11	22	18
FM I	165	845	40	110	11	22	16
3	180	600	30	80	10	20	14
4	163	600	30	80	10	20	12
FM II	150	550	30	70	10	20	12

d – průměry pasívních prvků; při $d_1 = d$ dojde k jistému impedančnímu nepřizpůsobení



Obr. 128. Pětiprvková anténa pro kanály I. a II. televizního pásma a pásma VKV-FM

Tabulka 8b. Rozměry v provedení se zářičem podle obr. 128c

Kanál číslo	Rozměry (mm)					
	R	Z	D_1	D_2	H	H_1
1	3 380	2 980	2 520	2 400	1 480	1 040
2	2 820	2 500	2 120	2 020	1 240	870
FM I	2 350	2 080	1 760	1 680	1 030	730
3	2 170	1 920	1 680	1 560	950	670
4	1 960	1 730	1 520	1 410	860	610
FM II	1 820	1 600	1 410	1 310	800	560

	H_2	H_3	S	d	L
1	170	1 010	80	18	2 220
2	140	840	80	18	1 850
FM I	120	700	80	18	1 550
3	130	730	70	18	1 530
4	120	660	70	18	1 390
FM II	110	610	70	18	1 290

d – průměr všech prvků včetně zářiče

L – celková délka antény

Technické údaje pro anténu se zářičem z obr. 128c

provozní zisk 6 až 6,4 dB

činitel zpětného příjmu – 20 dB

σ < 1,3

α_h 65°

α_v 75°

e) Pětiprvková anténa s jednoduchým reflektorem (obr. 129, tab. 9)

Tato anténa je vhodná do míst s velmi slabým signálem, avšak bez rušivých signálů ze zadního směru. Je to nejvýhodnější anténa pro kanály č. 1 až 4. Tam, kde její zisk nestačí, je vhodné přidat přímo na vstupní svorky zesilovač.

52. ANTÉNY PRO KANÁL Č. 5 A PRO PÁSMO VKV-FM II

a) Čtyřprvková anténa (obr. 130)

Tato anténa je vhodná pro příjem pásma VKV—FM II ve středně obtížném prostředí a pro příjem stereofonních pořadů v dobrých podmínkách příjmu. Lze ji považovat za standardní anténu pro stereofonní příjem. Průměr trubek je 14 mm.

Technické údaje

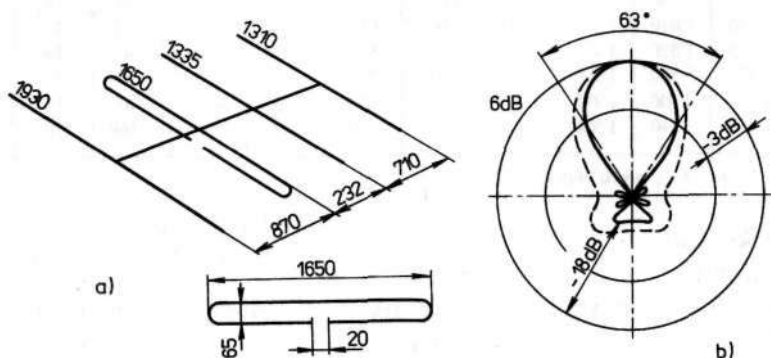
provozní zisk	5,5 dB
činitel zpětného příjmu	—18 dB
σ	< 1,5
α_h	63°
α_v	95°

b) Šestiprvková anténa (obr. 131a)

Je určena pro příjem pásma VKV—FM a pro příjem stereofonního rozhlasu v místech velmi slabého signálu, ale v rovinném terénu bez

Technické údaje

provozní zisk	8 dB
činitel zpětného příjmu	—15 dB
σ	< 1,4
α_h	55°
α_v	73°



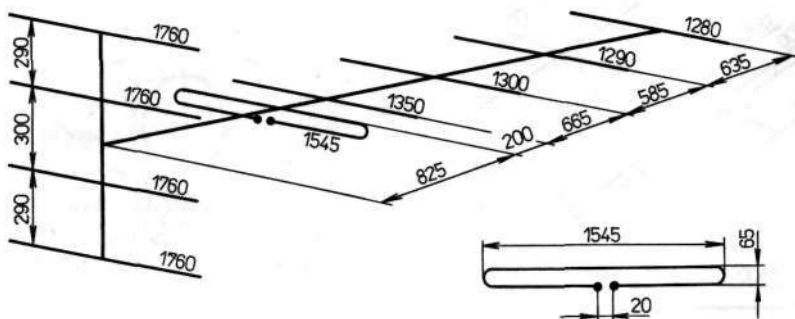
Obr. 130. Čtyřprvková anténa pro pásmo VKV—FM II

d) Devítiprvková anténa (obr. 132)

Tento typ antény, určený pro příjem v pásmu VKV—FM II, má velmi dobré směrové vlastnosti a dobré přizpůsobení k napájecí, a je proto předurčen pro příjem stereofonního rozhlasu v pásmu VKV—FM II. Vyrábí se také průmyslově a dodává ho n. p. Kovoplast Chlumeck n. C. Všechny prvky mají průměr 8 mm.

Technické údaje

provozní zisk	10 dB
činitel zpětného příjmu	— 26 dB
σ	< 1,3
α_h	50 až 60°
α_v	60 až 70°



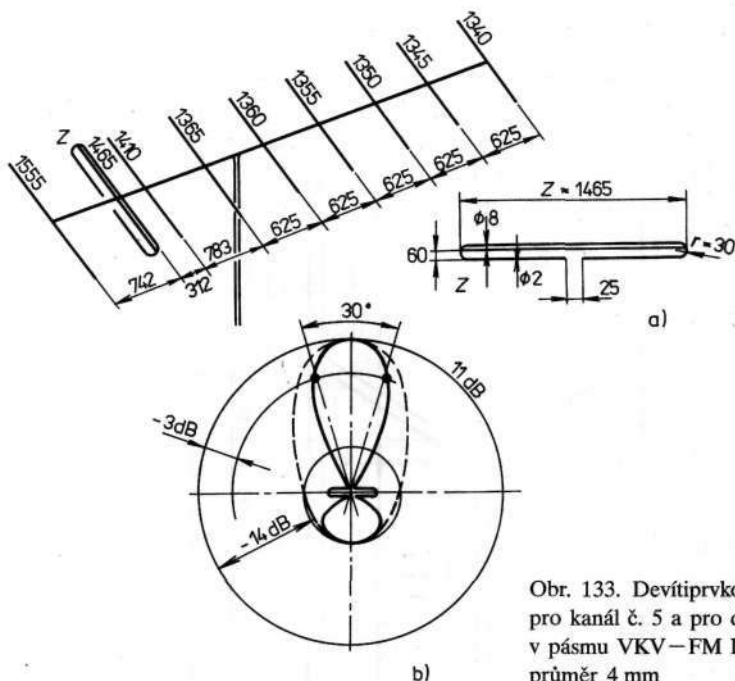
Obr. 132. Devítiprvková anténa pro pásmo VKV—FM II

e) Devítiprvková anténa pro dálkový příjem kanálu č. 5 a VKV-FM II (obr. 133)

Jde o velmi dlouhou anténu, konstruovanou na maximální zisk bez ohledu na činitel zpětného příjmu. Je vhodná do míst velmi slabého signálu bez zpětného příjmu; pro další zlepšení lze použít předzesilovač.

Technické údaje

provozní zisk	10 až 11 dB
činitel zpětného příjmu	—13 až —15 dB
σ	< 1,5
α_h	30°
α_v	40°



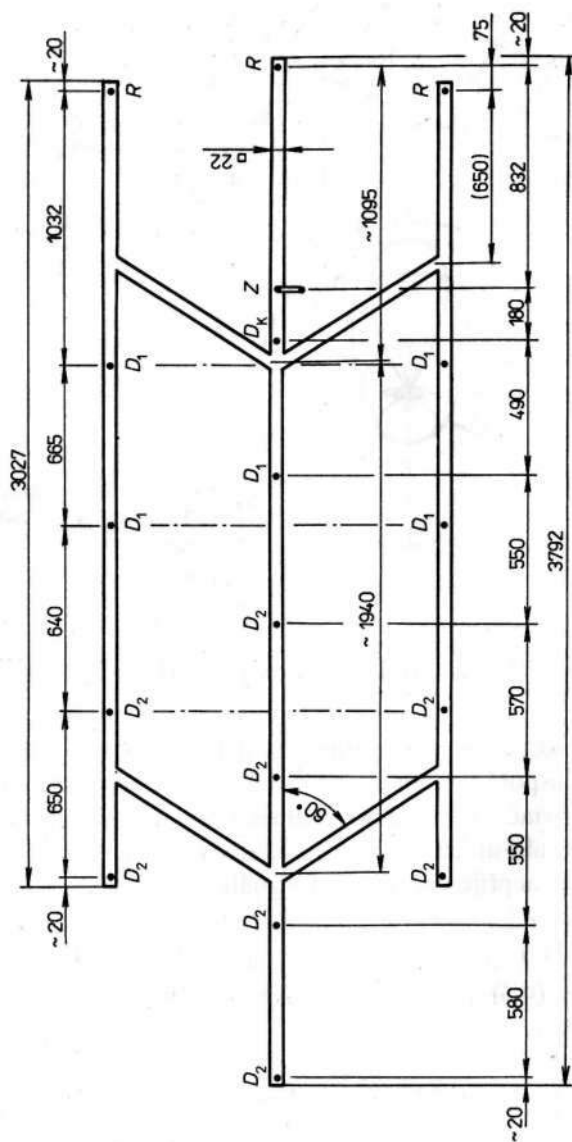
Obr. 133. Devítiprvková anténa pro kanál č. 5 a pro dálkový příjem v pásmu VKV – FM II; prvky mají průměr 4 mm

f) Patrová anténa pro dálkový příjem VKV – FM II (obr. 134)

Anténa s vynikajícími vlastnostmi pro dálkový příjem. Jistou nevýhodou plynoucí z uspořádání direktorů je malé potlačení postranních laloků ve vertikální rovině. V praxi to znamená, že stožár antény musí být dimenzován tak, aby anténa ve větru nekmitala. Výkyvy antény ve svislém směru způsobují nepříjemné kolísání signálu.

Technické údaje

kmitočet (MHz)	88	94	100	102
provozní zisk (dB)	9,5	10,5	11	9
činitel zpětného příjmu (dB)	-21	-23	-21	-15
σ	3	1,5	2,5	4
α_h (°)	49	45	38	42
α_v (°)	53	47	36	30



Obr. 134. Osmnáctiprvková anténa pro pásmo VKV – FM II (UKS 18)

53. ANTÉNY PRO III. TELEVIZNÍ PÁSMO

Relativní šířka kanálu ve III. televizním pásmu, které je menší než šířka v I. a II. televizním pásmu, umožňuje zhotovit pásmovou anténu. Její vlastnosti jsou však mnohem horší než vlastnosti kanálových antén.

54. KANÁLOVÉ ANTÉNY PRO III. TELEVIZNÍ PÁSMO

a) Tříprvková anténa (obr. 135a, tab. 10a)

Tříprvková anténa je vhodná pouze do míst s kvalitním signálem bez odrazů. Pro své rozměry je vhodná pro montáž na okenní rám, ovšem pouze v tom případě, kdy je směrem k uvažovanému vysílači volný prostor.

Technické údaje

provozní zisk

5,2 dB

činitel zpětného příjmu

− 12 až − 14 dB

σ

< 1,2

α_h

73° až 70°

α_v

100° až 105°

Tabulka 10a. Rozměry k obr. 135a

Kanál číslo	Rozměry (mm)		
	R	Z	D
6, 7	880	780	740
8, 9	810	720	680
10, 11, 12	740	650	620

Průměr trubek všech prvků je 10 mm

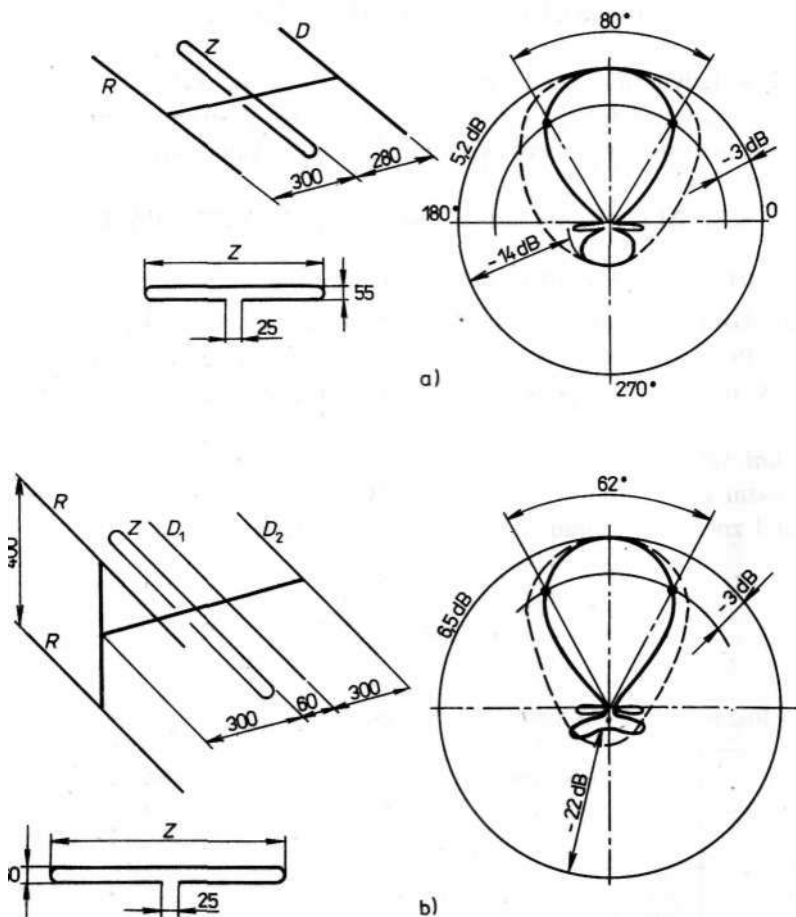
Tabulka 10b. Rozměry k obr. 135b

Kanál číslo	Rozměry (mm)			
	R	Z	D ₁	D ₂
6, 7	915	775	715	695
8, 9	840	710	660	640
10, 11, 12	765	645	605	585

Průměr trubek všech prvků je 10 mm

b) Pětiprvková anténa (obr. 135b, tab. 10b)

Je vhodná do míst s dostatečným signálem, a to tam, kde je možné předpokládat mnohosměrové šíření, tedy zejména v městských čtvrtích poblíž vysílače. Svými vlastnostmi je vhodná i pro montáž na balkónech nebo na stěnách domů s přímým výhledem na uvažovaný vysílač.



obr. 135. Tříprvková (a) a pětíprvková (b) anténa pro skupinu kanálů III. televizního pásma

Technické údaje

provozní zisk

6,5 dB

činitel zpětného příjmu

- 20 až - 24 dB

σ

< 1,45

α_h

65°

α_v

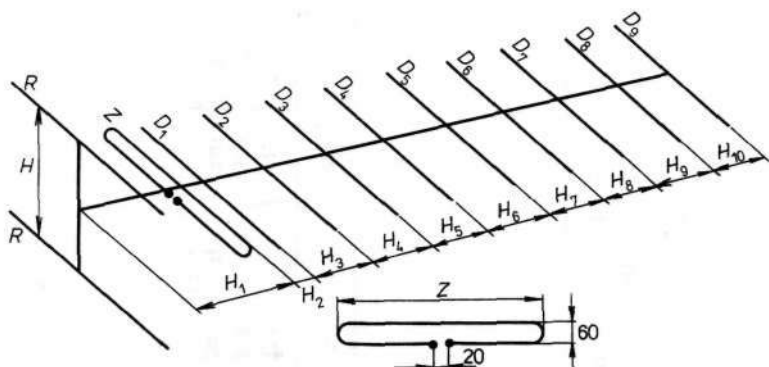
73°

Tabulka 11. Rozměry k obr. 136

Kanal číslo	Rozměry (mm)										
	R	Z	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	D ₅	D ₆	D ₇	D ₈	D ₉
6, 7 8, 9 10, 11, 12	925	860	725	715	705	695	685	670	660	650	640
	840	780	660	650	640	630	620	610	600	590	580
	755	700	595	585	575	565	560	550	540	530	525

	H	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	L
6, 7	440	330	72	235	245	275	300	330	357	385	415	2 930
8, 9	400	300	65	215	225	250	275	300	325	350	375	2 625
10, 11, 12	360	270	58	195	205	225	250	270	290	315	340	2 420

Průměr trubek všech prvků je 6 mm; L – celková délka antény



Obr. 136. Dvanáctiprvková anténa pro skupinu kanálů III. televizního pásma

c) Dvanáctiprvková anténa pro skupinu kanálů
(obr. 136)

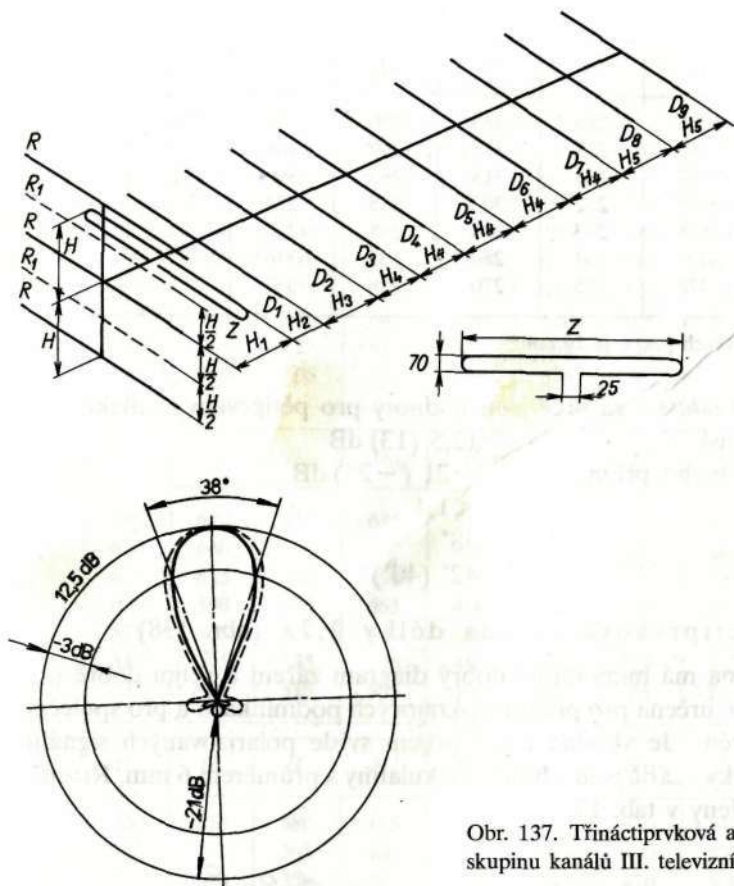
Tato anténa má velmi výhodný diagram záření a velmi přesné přizpůsobení. Doporučuje se pro místa se slabším signálem nebo pro místa, kde délka napáječe je větší než 25 m. Rozměry pro jednotlivé skupiny kanálů jsou uvedeny v tab. 11. Všechny prvky i zářič jsou z hliníkové kulatiny s průměrem 6 mm.

Technické údaje

provozní zisk	$> 10,2 \text{ dB}$
činitel zpětného příjmu	asi -25 dB
σ	$< 1,3$
α_h	45°
α_v	54°

d) Třináctiprvková anténa délky **1,8λ**
(obr. 137, tab. 12)

Anténa je vhodná pro místa se slabým signálem, pro místa s vyšší hladinou rušení a pro příjem svisle polarizovaných signálů. Přidáním dalších dvou reflektorů (vyznačených na obr. 137a čárkovaně) se zlepší činitel zpětného příjmu asi o 4 až 5 dB. To je vhodné v místech, kde rušení přichází na anténu ze zadního směru.



Obr. 137. Třináctiprvková anténa pro skupinu kanálů III. televizního pásma

Tabulka 12. Rozměry k obr. 137

Kanál číslo	Rozměry (mm)									
	$R (R_1)$	Z	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8
6	940	760	685	673	670	658	645	635	623	618
7	900	725	655	645	640	630	625	608	597	592
8	860	695	630	620	615	603	592	582	572	567
9	830	670	605	595	590	580	570	560	550	545
10	795	643	580	570	565	558	547	538	528	523
11	765	620	560	550	545	536	528	518	510	505
12	740	597	540	530	526	518	510	500	490	487

Tabulka 12. Rozměry k obr. 137 – pokračování

6	D_9	H	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5
6	606	286	343	290	424	330	325
7	580	274	328	277	406	315	310
8	557	263	315	265	390	302	298
9	535	252	302	255	324	290	286
10	515	243	290	245	360	280	275
11	495	234	280	235	346	268	265
12	478	225	270	228	332	260	256

Průměr trubek všech prvků je 10 mm

Technické údaje v závorce jsou hodnoty pro pětiprvkový reflektor)

provozní zisk 12,5 (13) dB

činitel zpětného příjmu -21 (-25) dB

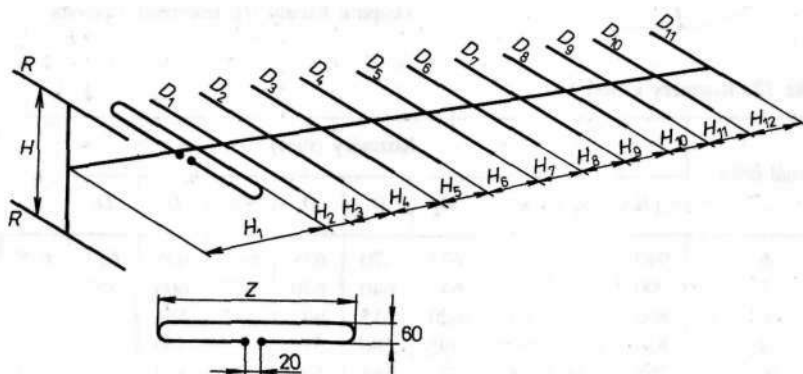
σ < 1,4

α_h 38°

α_v 42° (40°)

e) Čtrnáctiprvková anténa délky $2,7\lambda$ (obr. 138)

Tato anténa má mimořádně dobrý diagram záření a velmi dobré přizpůsobení. Je určena pro příjem v okrajových podmínkách a pro společné televizní antény. Je vhodná i pro příjem svisle polarizovaných signálů. Všechny prvky i zářič jsou z hliníkové kulatiny s průměrem 6 mm. Rozměry jsou uvedeny v tab. 13.



Obr. 138. Čtrnáctiprvková anténa pro skupinu kanálů III. televizního pásma

Tabulka 13. Rozměry k obr. 138

Kanal číslo	Rozměry (mm)								
	R	Z	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7
6	975	945	770	760	745	735	720	710	695
7	935	900	740	725	715	700	690	680	665
8	895	865	710	695	685	670	660	650	635
9	855	830	675	665	655	645	635	620	610
10	820	795	650	640	630	620	610	595	585
11	795	765	625	615	605	595	585	575	565
12	765	750	605	595	585	575	565	555	545

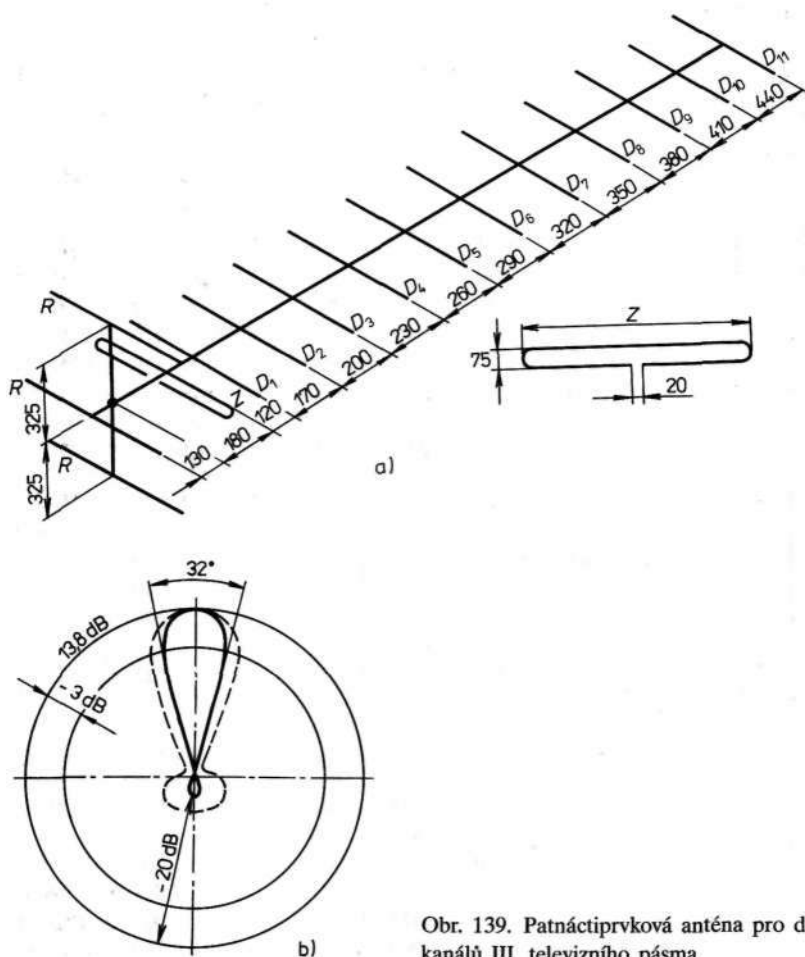
	D_8	D_9	D_{10}	D_{11}	H	H_1	H_2	H_3	H_4
6	680	670	655	645	510	385	85	275	285
7	650	640	630	615	490	365	80	260	275
8	625	615	600	590	470	350	76	250	265
9	600	590	575	565	450	335	73	240	250
10	575	565	555	545	430	320	70	230	240
11	555	545	535	525	415	310	67	220	235
12	535	525	515	505	400	300	65	215	225

	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	L
6	320	350	380	415	445	480	510	540	4 480
7	305	335	365	400	425	460	490	520	4 300
8	290	320	350	380	410	440	470	500	4 105
9	280	310	335	364	390	420	450	475	3 930
10	270	295	320	350	375	405	430	455	3 760
11	260	285	310	335	360	390	415	440	3 630
12	250	275	300	325	350	375	400	425	3 555

Průměr trubek všech prvků jsou 6 mm; L – celková délka antény

Technické údaje

provozní zisk	>12,5 dB
činitel zpětného příjmu	–23 dB
σ	<1,3
α_h	39°
α_v	45°



Obr. 139. Patnáctiprvková anténa pro dvojici kanálů III. televizního pásma

f) Patnáctiprvková anténa délky $2,5\lambda$
(obr. 139, tab. 14)

Je to anténa s největším ziskem ve III. televizním pásmu. Tvar vyzarovacího diagramu je velmi vhodný i pro velmi obtížné podmínky příjmu a pro příjem svisle polarizovaných signálů. Dalšího zvětšení zisku ve III. televizním pásmu lze dosáhnout pouze skupinou těchto antén.

Tabulka 14. Rozměry k obr. 139

Prvek (označení)	Rozměry (mm) pro kanály č.					
	6 až 7	7 až 8	8 až 9	9 až 10	10 až 11	11 až 12
R	920	880	845	810	760	745
Z	800	760	740	710	675	650
D_1	740	710	680	650	605	585
D_2	730	700	670	640	595	575
D_3	729	690	660	630	580	565
D_4	710	685	650	620	570	555
D_5	700	670	640	610	560	545
D_6	690	660	630	600	550	535
D_7	680	650	620	590	540	525
D_8	670	645	610	580	535	515
D_9	660	635	600	570	525	505
D_{10}	650	625	590	555	515	500
D_{11}	630	605	580	550	505	490

Průměr trubek všech prvků je 10 mm

Technické údaje

provozní zisk 13,8 dB

činitel zpětného příjmu - 20 dB

σ < 1,25

α_h 32°

α_v 42°

h) Šestnáctiprvková anténa (obr. 140, tab. 15)

Je konstruována pro dosažení co nejlepšího činitele zpětného příjmu a co nejúžšího tvaru diagramu záření ve svislé rovině. Na rozdíl od ostatních antén je výstupní impedance této antény upravena přesně na hodnotu **300 Ω** vhodným rozdílem průměru celistvé části a dělené části skládaného dipólu (čl. 23, obr. 36c). Průměr celistvé části je zvětšen plechovým nástavcem, který musí být s trubicou zářiče vodivě spojen (např. připájením nebo svařením).

Technické údaje

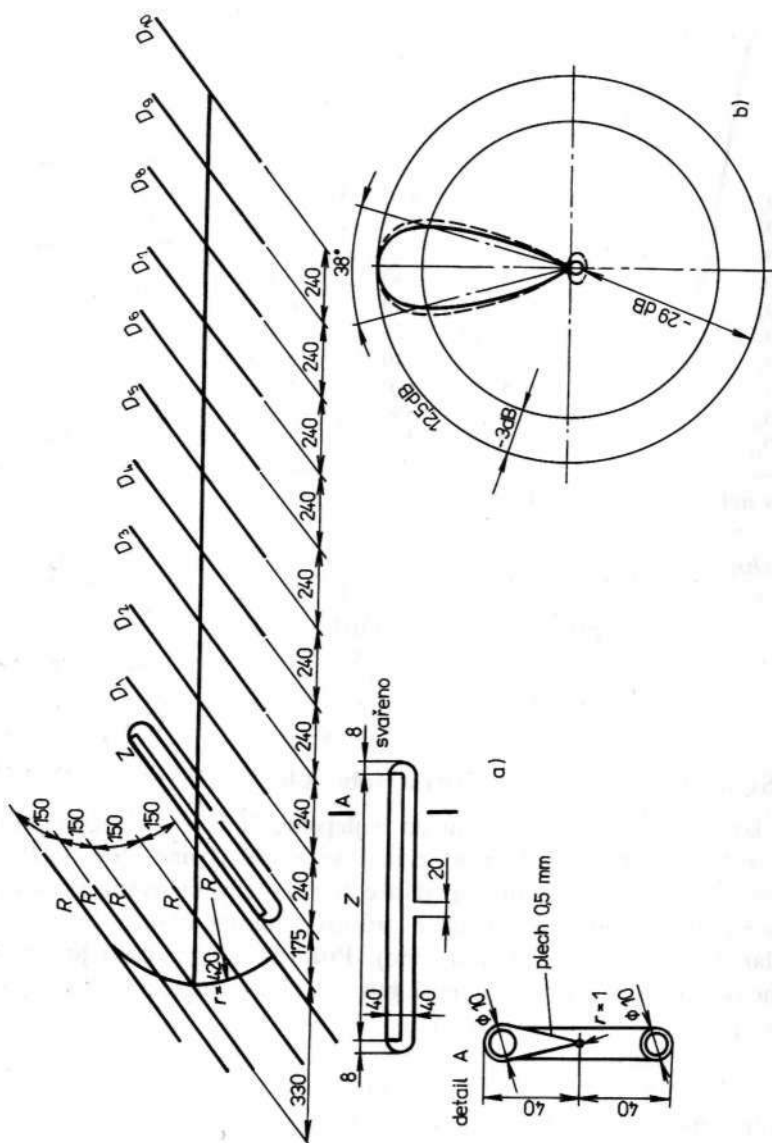
provozní zisk - 29 dB

činitel zpětného příjmu 12,5 dB

σ < 1,2

α_h 35°

α_v 37°



Obr. 140. Šesnáctiprvková anténa pro skupinu kanálů III. televizního pásma

Tabulka 15. Rozměry k obr. 140

Prvek (označení)	Rozměry (mm) pro kanály č.		
	6 až 7	8 až 9	10, 11 až 12
R	820	755	685
Z	765	700	640
D_1	765	700	640
D_1	750	690	625
D_3	735	675	615
D_4	720	660	600
D_5	705	650	590
D_6	690	635	575
D_7	675	620	565
D_8	660	605	550
D_9	645	595	540
D_{10}	630	580	525

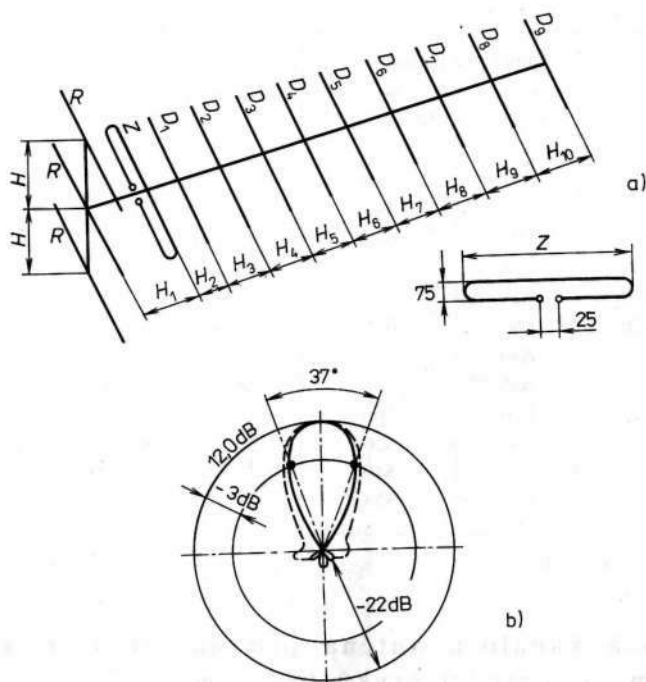
Průměr trubek všech prvků je 10 mm

- i) Stavebnicová kanálová anténa pro kanály č. 6 až 12 pro osm až osmnáct prvků (obr. 141)

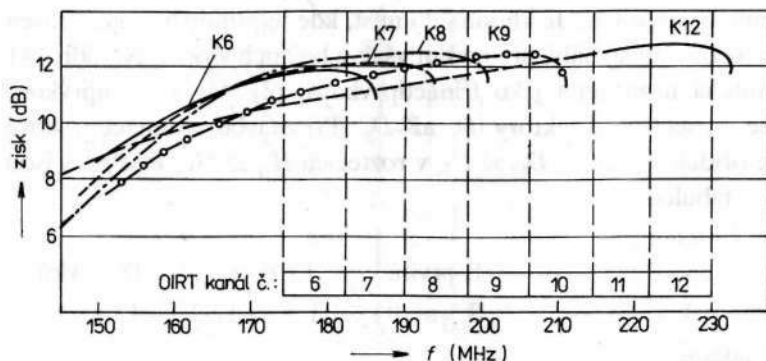
Tuto kanálovou anténu lze realizovat jako osmiprvkovou, třináctiprvkovou a osmnáctiprvkovou. Je vhodná do míst, kde je přijímaný signál rušen jinými nežádoucími signály, především však z bočních směrů. Na obr. 141 je tato anténa naznačena jako třináctiprvková, při stavbě osmiprvkové antény se vynechají direktory D_5 až D_9 . Při stavbě osmnáctiprvkové antény se přidají direktory D_{10} až D_{14} v roztečích H_{11} až H_{15} . Rozměry jsou uvedeny v tabulce 16.

Technické údaje

	8 prvků	13 prvků	18 prvků
provozní zisk (dB)	8,5 až 9	11,5 až 12,2	13 až 14
činitel zpětného příjmu (dB)	asi -18	asi -20	asi -23
σ	<1,5	<1,7	<1,8
α_h (°)	44	38	35
α_v (°)	53	41	38



Obr. 141. Stavebnicová anténa (8 až 18 prvků) pro kanály III. televizního pásma



Obr. 142. Závislost zisku antén na kmitočtu pro jednotlivé kanály

Průběhy závislosti zisku na kmitočtu pro kanály č. 6, 7, 8, 9 a 12 jsou naznačeny na obr. 142; analogicky probíhají i křivky pro kanály č. 10 a 11, které jsou z grafu pro přehlednost vypuštěny. Tuto kanálovou anténu lze

Tabulka 16. Rozměry stavebnicové antény podle obr. 141

Prvek (označení)	Rozměry (mm) pro kanály č.						
	6	7	8	9	10	11	12
R	1 050	1 000	960	925	885	856	827
Z	875	835	800	770	740	715	690
D_1	747	715	685	655	630	610	588
D_2	755	718	690	665	638	617	595
D_3	743	710	680	655	628	606	585
D_4	730	700	670	642	615	596	575
D_5	702	670	645	618	595	573	553
D_6	678	650	620	595	573	554	534
D_7	654	625	600	575	553	533	514
D_8 a D_9	628	600	575	552	530	515	495
H	259	248	235	228	218	212	204
H_1	480	460	440	422	405	390	378
H_2	117	112	107	103	100	96	92
H_3	338	372	355	340	328	318	305
H_4	339	325	310	398	285	277	267
H_5 až H_{10}	370	364	338	325	312	302	291
D_{10} až D_{14}	628	600	575	552	530	515	495
H_{11} až H_{15}	370	364	338	325	312	302	291

Průměr trubek všech prvků je 10 mm

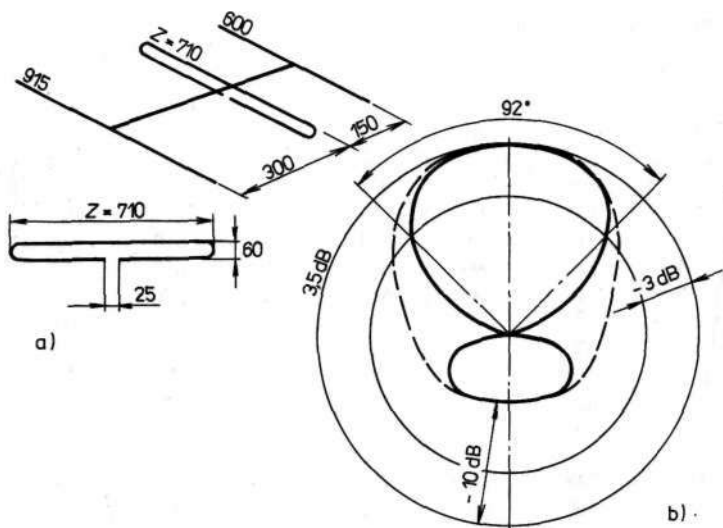
s úspěchem použít i pro příjem dvou až tří sousedních kanálů s nižšími kmitočty. Tedy např. anténu pro kanál č. 9 lze bez znatelného zmenšení zisku i zhoršení ostatních parametrů použít pro příjem kanálů č. 8, 7 i 6, ne však pro příjem kanálu č. 10. Diagram záření je na obr. 141b a platí dostatečně přibližně pro všechny kanály III. televizního pásma. Plně vytažená čára platí pro vodorovnou rovinu, čárkovaná čára pro svislou rovinu.

U třináctiprvkové antény a zejména u osmnáctiprvkové antény je nutné vyztužit ráhno (viz obr. 118).

55. PÁSMOVÉ ANTÉNY PRO III. TELEVIZNÍ PÁSMO

a) Tříprvková anténa (obr. 143)

Tuto anténu lze považovat pouze za náhražkovou anténu. Je vhodná pro upevnění na okenní rám, směřuje-li okno, u něhož je umístěn televizor, na vysílač a je-li před ním dostatek volného prostoru. Pro umístění na střeše není vhodná ani v místě velmi silného signálu, protože má malý



Obr. 143. Tříprvková anténa pro celé III. televizní pásmo; průměr prvků je 10 mm

činitel zpětného příjmu. Impedanční přizpůsobení antény rovněž není dokonalé.

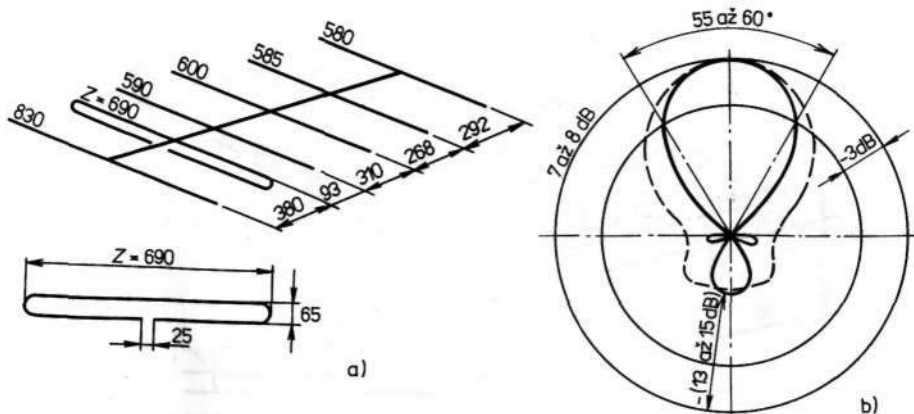
Technické údaje

provozní zisk	3 až 4 dB
činitel zpětného příjmu	-8 až -12 dB
σ	< 2,2
α_h	90 až 95°
α_v	110 až 125°

b) Šestiprvková anténa (obr. 144)

Tato anténa tvoří základ dvanáctiprvkové antény uvedené na obr. 145. To je výhodné v případě, že šestiprvková anténa svými parametry nevyhoví a musí se rozšířit.

Šestiprvková pásmová anténa je vhodná pouze do míst ve volném prostoru, kde je dostatečná intenzita dvou nebo více vysílačů pracujících ve III. televizním pásmu a kde nedochází k mnohosměrovému šíření vlivem odrazů. Délka napáječe by u této antény neměla přesáhnout 15 m.



Obr. 144. Šestiprvková anténa pro celé III. televizní pásmo; průměr prvků je 10 mm

Technické údaje

provozní zisk	7 až 8 dB
činitel zpětného příjmu	-13 až -15 dB
σ	< 2,3
α_h	55 až 60°
α_v	75 až 80°

c) Dvanáctiprvková anténa (obr. 145)

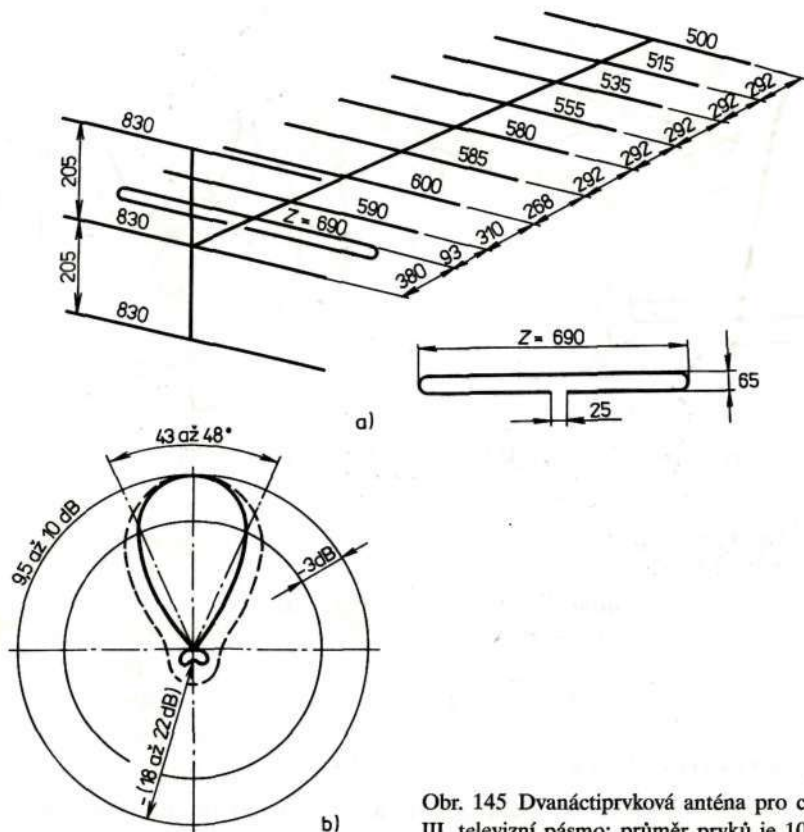
Tato anténa vznikla ze šestiprvkové antény, uvedené na obr. 144, přidáním čtyř direktorů a dvou reflektorů. Tato anténa je standardní pro místa, kde lze přijímat více televizních kanálů ve III. pásmu, a to alespoň přibližně ze stejného směru.

Technické údaje

provozní zisk	9,5 až 10 dB
činitel zpětného příjmu	-18 až -22 dB
σ	< 2,2
α_h	43 až 48°
α_v	52 až 58°

d) Čtrnáctiprvková anténa (obr. 146)

Je vhodná pro příjem slabšího signálu i v místech většího rušení (např. vlivem městského provozu). Podmínkou pro využití její širokopásmovosti je možnost natáčet anténu, neboť svazek antény je již poměrně úzký.



Obr. 145 Dvanáctiprvková anténa pro celé III. televizní pásmo; průměr prvků je 10 mm

Technické údaje

provozní zisk

11,5 až 12 dB

činitel zpětného příjmu

-18 až -20 dB

σ

< 2,1

α_h

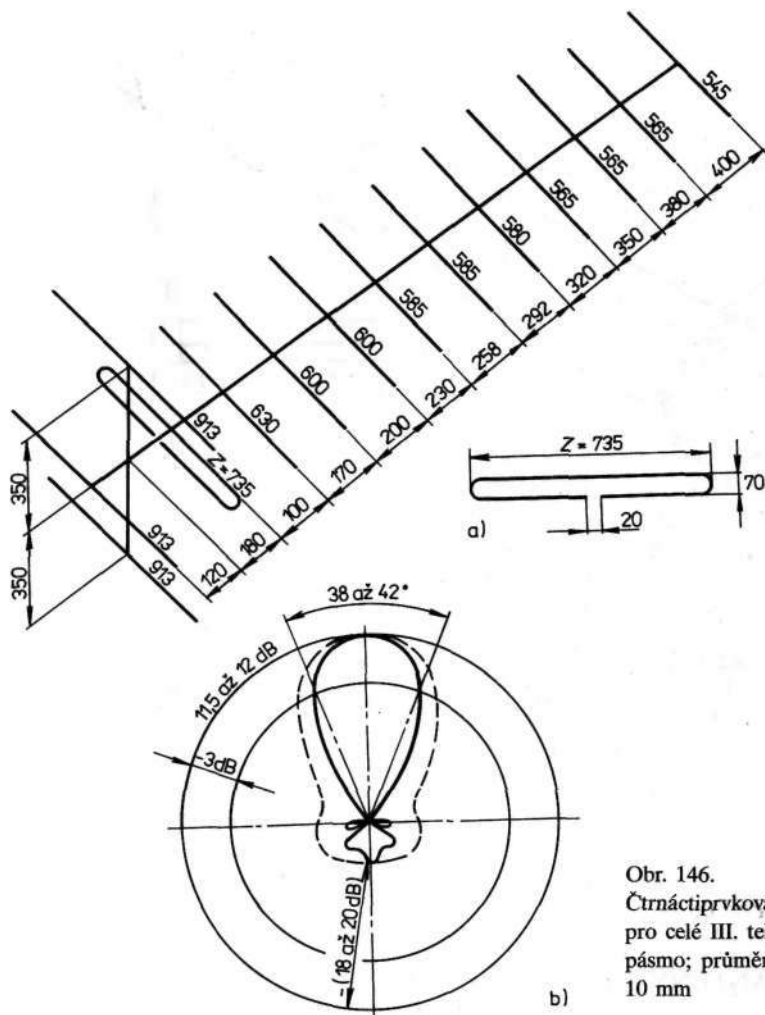
38 až 42°

α_v

50 až 55°

e) Patnáctiprvková anténa (obr. 147)

Je to pásmová anténa s největším možným ziskem dosažitelným při amatérské konstrukci. Je vhodná pro dálkový příjem, avšak pro její využití je nezbytné její dálkové nebo přímé natáčení. Zde ji uvádíme stejně jako čtrnáctiprvkovou anténu spíše pro úplnost, obvykle je lepší místo

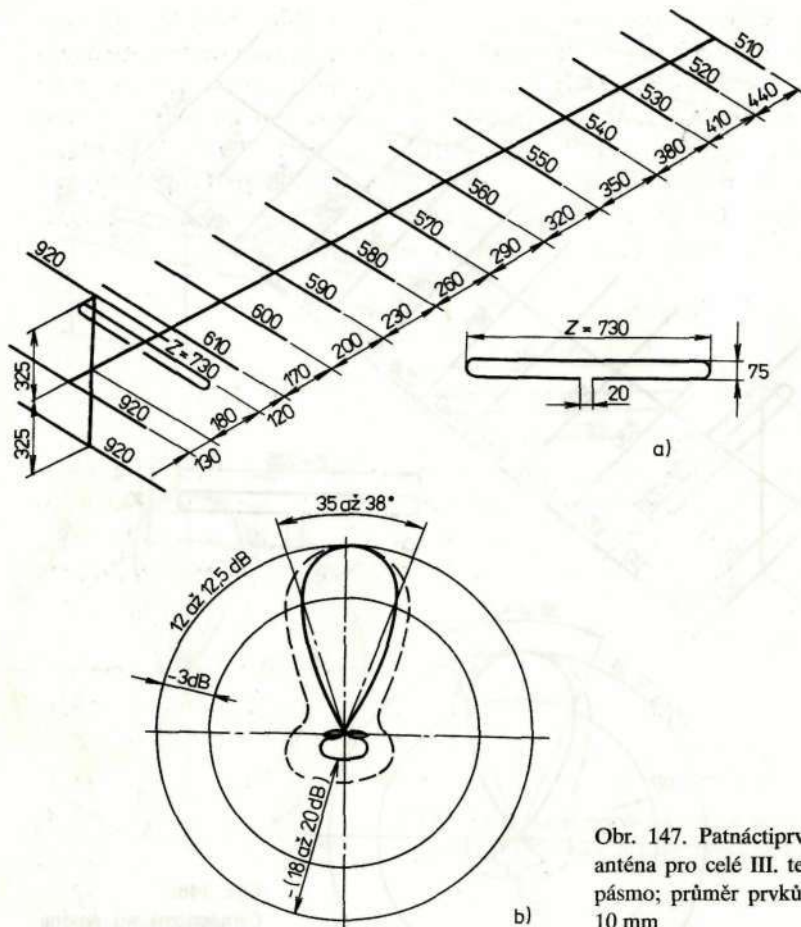


Obr. 146.
Čtrnáctiprvková anténa
pro celé III. televizní
pásmo; průměr prvků je
10 mm

širokopásmové antény s tak velkým ziskem použít několik kanálových antén.

Technické údaje

provozní zisk	12 až 12,5 dB
činitel zpětného příjmu	-18 až -20 dB
σ	< 1,8
α_h	35 až 38°
α_v	45 až 50°



Obr. 147. Patnáctiprvková anténa pro celé III. televizní pásmo; průměr prvků je 10 mm

56. ANTÉNY PRO IV. A V. TELEVIZNÍ PÁSMO

Ve IV. a V. televizním pásmu je relativní šířka televizního kanálu mnohem menší než ve III. televizním pásmu, takže nastavit víceprvkovou anténu na jediný kanál je dosti obtížné, zejména při amatérské výrobě. Proto se v těchto pásmech konstruují antény pro skupiny kanálů. Pásmové antény se navrhují jak samostatně pro IV. a V. pásmo, tak i pro obě pásma společně.

Pro příjem slabého signálu, pro nějž jsou antény s velkým ziskem určeny, je výhodné používat úzkopásmové antény s ohledem na vzájem-

nou interferenci v zesilovači nebo ve vstupním dílu přijímače. Je však třeba uvážit, že nároky na přesnost při výrobě úzkopásmových antén pro kmitočty vyšší než 470 MHz zpravidla přesahují běžné amatérské možnosti. Ani zde však nepřestává platit, že nejlepší anténa přijímá pouze požadovaný signál a potlačuje vše ostatní. Všechny prvky (není-li uvedeno jinak) jsou z trubek s průměrem 8 mm nebo s páskového hliníku s rozměry 100 X 1 mm. U zde popisovaných antén nedoporučujeme použít jiné rozměry trubek nebo pásků.

57. ANTÉNY PRO SKUPINU KANÁLŮ IV. A V. TELEVIZNÍHO PÁSMÁ

a) Stavebnicová anténa od sedmi do jedenadvaceti prvků (obr. 148, tab. 17)

Anténu lze podle potřeby rozšiřovat od sedmi prvků až do jedenadvaceti prvků. Je určena vždy pro příjem skupiny pěti sousedních prvků. Její zisk je dobrý, impedanční přizpůsobení je výborné. Jako sedmiprvková a dvanáctiprvková anténa je vhodná do běžných až obtížných podmínek příjmu.

Technické údaje

	7 prvků	12 prvků	21 prvků
provozní zisk (dB)	9,2	12,3	16,5
činitel zpětného příjmu (dB)	-16	-22	-25
σ	<1,2	<1,2	<1,2
α_h (°)	50	40	24
α_v (°)	63	43	25

b) Dvanáctiprvková anténa pro kanály IV. televizního pásma (obr. 149, tab. 18)

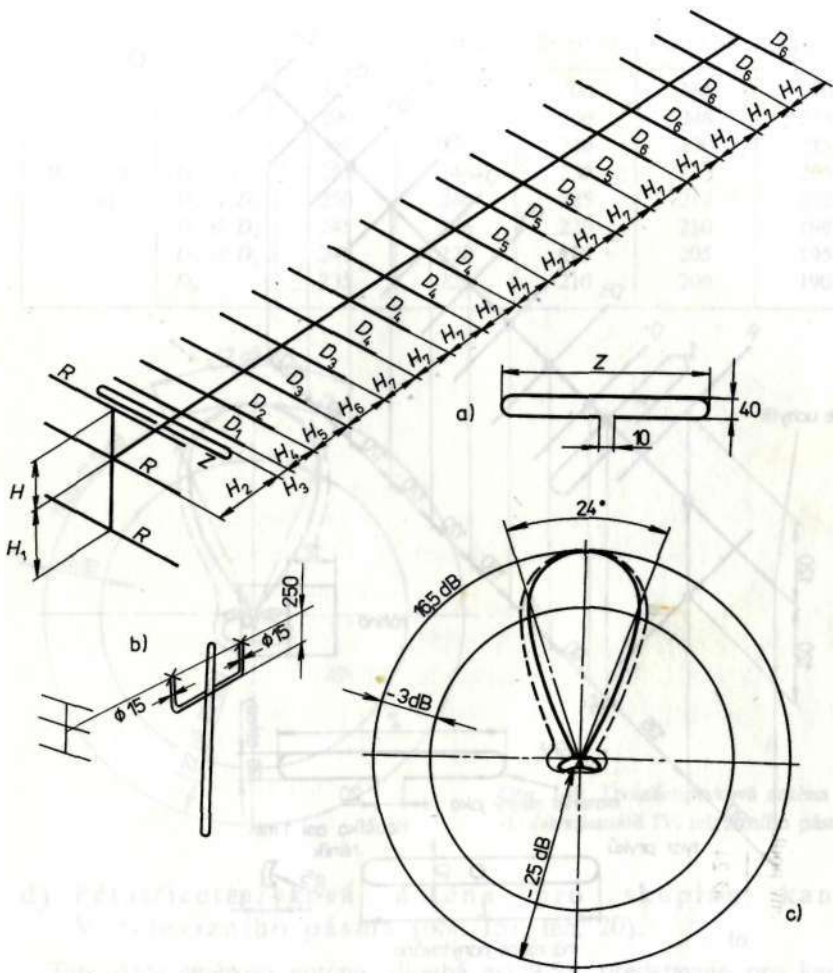
Tato poměrně velmi jednoduchá anténa je určena do míst, kde je silnější signál, avšak je rušen odrazy. Důležité je dodržet vzdálenost mezi zářičem a širokopásmovým direktorem.

Technické údaje

provozní zisk	11,0 až 12,5 dB (podle kanálu)
činitel zpětného příjmu	-22 až -25 dB
σ	<1,3
α_h	42 až 46°
α_v	44 až 48°

Tabulka 17. Rozměry stavebnicové antény podle obr. 148 pro jednotlivé skupiny kanálů

Kanály č.			21 až 24	25 až 30	31 až 36	36 až 40	41 až 45	46 až 50	51 až 55	56 až 60
Rozměry (mm)	Délky prvků	R	422	390	362	338	318	300	285	270
		Z	343	317	295	275	259	244	230	205
		D_1	255	236	220	205	192	181	171	162
		D_2	246	227	211	197	185	174	165	156
		D_3	243	225	209	195	183	173	163	155
		D_4	241	223	207	193	181	171	161	153
		D_5	239	220	205	191	179	169	160	152
		D_6	236	218	203	189	178	168	158	150
	Rozteče prvků	H	102	94	87	81	76	72	68	65
		H_1	183	169	157	147	138	130	123	116
		H_2	93	86	80	75	70	66	62	60
		H_3	26,5	24,5	23	21	20	19	18	17
		H_4	76	70	65	61	57	54	51	48
		H_5	159	147	137	128	120	113	107	101
		H_6	169	156	145	135	127	120	113	107
		H_7	181	167	155	145	136	128	121	115

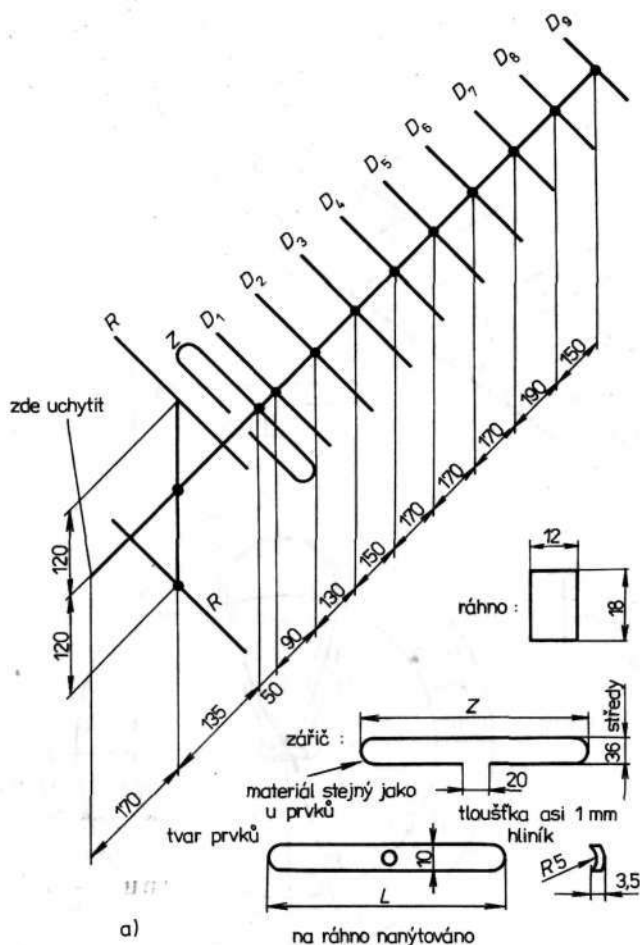


Obr. 148. Stavebnická anténa pro pětici kanálů IV. a V. televizního pásma; směrový diagram je pro 21 prvků

c) Sedmadvacetiprvková anténa pro kanály
IV. televizního pásma (obr. 150, tab. 19)

Tato anténa, dlouhá asi **5,5λ**, představuje maximum zisku i směrovosti ve IV. pásmu u antén Yagi, dosažitelné v současných podmínkách. Je určena pro příjem v nejobtížnějších podmínkách. Kde ani tato anténa nestačí, lze radit dvě až čtyři tyto antény do soustavy.

Obr. 149a



Technické údaje

provozní zisk

15,5 až 16,5 dB

činitel zpětného příjmu

– 38 dB

σ

< 1,2

α_h

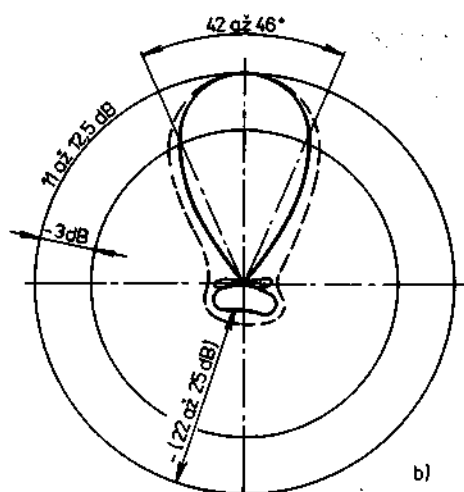
24°

α_v

28°

Tabulka 18. Rozměry dvanáctiprvkové antény podle obr. 149

Kanály č.		21 až 24	25 až 27	28 až 31	31 až 35	35 až 39
Rozměry (mm)	R	335	320	300	285	270
	Z	290	276	260	248	235
	D_1	268	255	240	230	215
	D_2	255	245	230	220	205
	D_3 až D_4	250	240	225	215	202
	D_5 až D_6	245	235	220	210	198
	D_7 až D_8	240	228	215	205	195
	D_9	235	222	210	200	190



b)

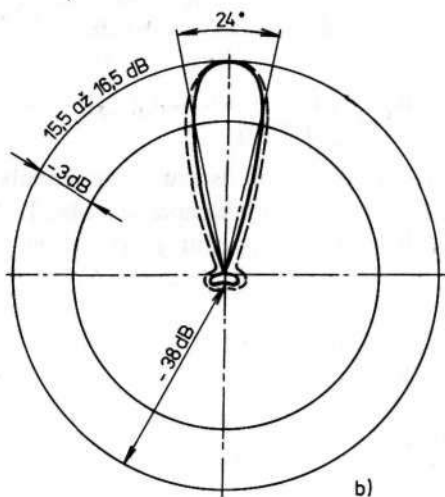
Obr. 149. Dvanáctiprvková anténa pro skupinu kanálů IV. televizního pásma

d) Pětaticetiprvková anténa pro skupinu kanálů V. televizního pásma (obr. 151, tab. 20)

Tato úzce směřová anténa, dlouhá asi **9,51**, představuje pro kanály V. televizního pásma stejné maximum u antén Yagi jako anténa z obr. 150 pro kanály IV. televizního pásma. Rovněž její použití je stejné jako u sedmadvacetiprvkové antény.

Technické údaje

provozní zisk	16 až 17 dB
činitel zpětného příjmu	- 28 dB
σ	< 1,22
α_h	24 až 26°
α_v	27 až 29°



b)

Tabulka 19. Rozměry sedmadvacetiprvkové antény podle obr. 150

Kanály č.		21 až 26	27 až 32	33 až 39
Rozměry (mm)	R	320	300	280
	Z	270	252	230
	D_1	265	246	225
	D_2	259	241	220
	D_3 až D_4	255	237	216
	D_5 až D_7	250	233	212
	D_8 až D_{10}	245	228	208
	D_{11} až D_{14}	240	223	202
	D_{15} až D_{18}	235	218	199
	D_{19} až D_{21}	229	213	195
	D_{22}	224	208	190

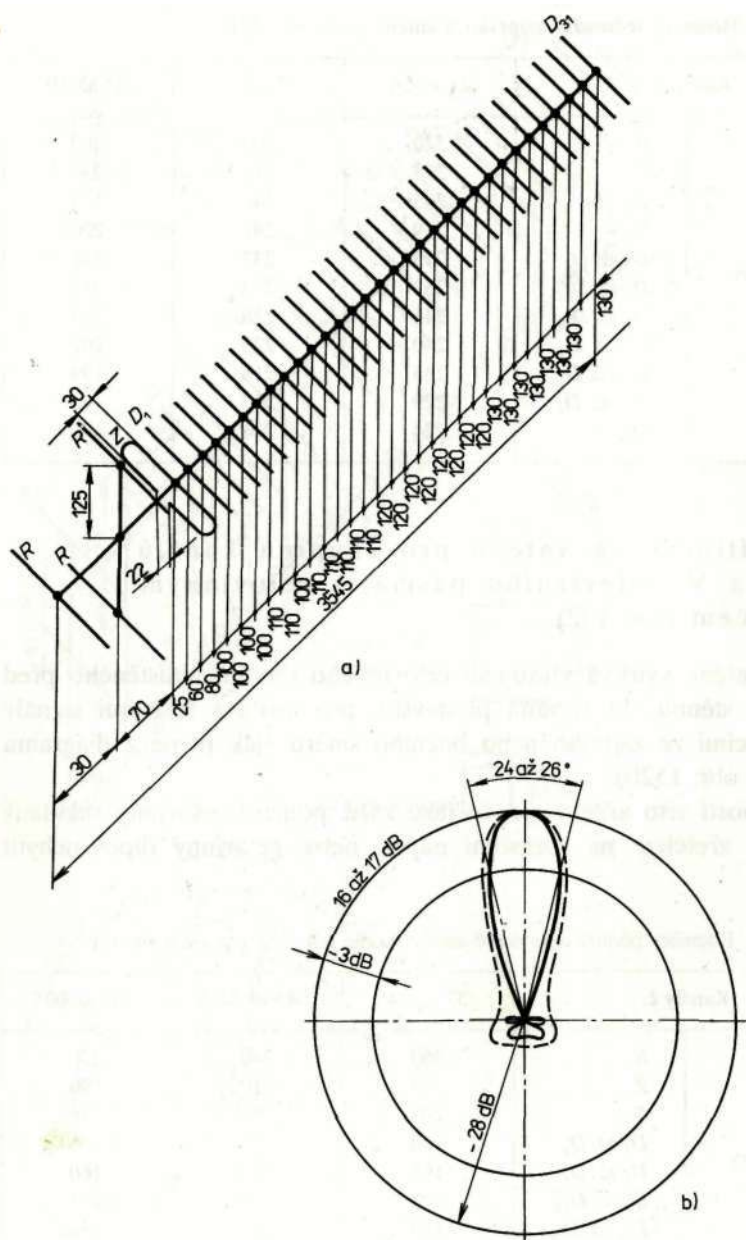
- e) Devítiprvková anténa pro skupinu kanálů IV. a V. televizního pásma, s celovlnným zářičem (obr. 152)

Tato anténa využívá vlastností celovlnného dipólu, umístěného před odraznou stěnou. Je vhodná především pro místa s rušivými signály přicházejícími ze zadního nebo bočního směru (jak plyne z diagramu záření na obr. 152b).

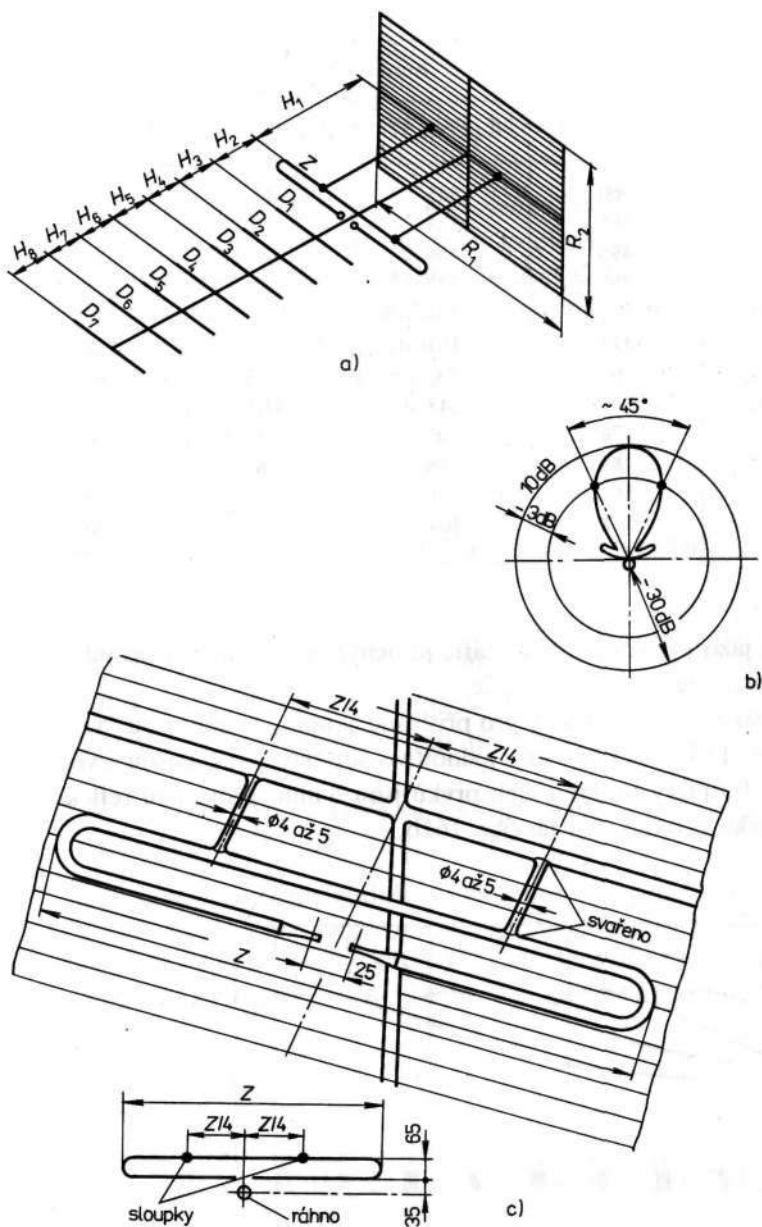
Zvláštností této antény je, že jako zářič používá celovlnný skládaný dipól. Se zřetelem na rozložení napětí nelze celovlnný dipól uchytit

Tabulka 20. Rozměry pětatřicetiprvkové antény podle obr. 151 (na další straně)

Kanály č.		37 až 44	45 až 52	52 až 60
Rozměry (mm)	R	260	240	220
	Z	240	210	190
	D_1	205	190	170
	D_2 až D_4	200	185	165
	D_5 až D_8	195	180	160
	D_9 až D_{13}	190	175	155
	D_{14} až D_{19}	185	170	150
	D_{20} až D_{25}	180	165	145
	D_{26} až D_{31}	175	160	140



Obr. 151. Pětatřicetiprvková anténa pro skupinu kanálů V. televizního pásma



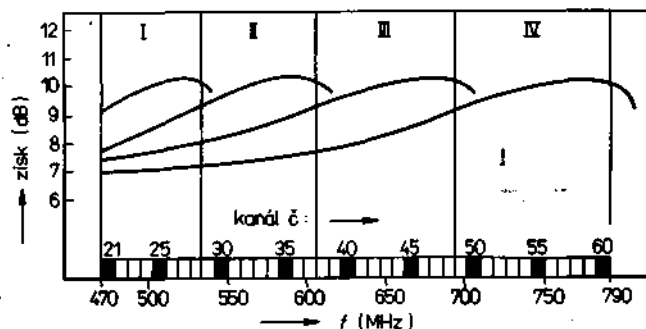
Obr. 152. Devítiprvková anténa s celovlnným záříčem pro skupinu kanálů IV. a V. televizního pásma

Tabulka 21. Rozměry devítiprvkové antény z celovlnným zářičem podle obr. 152

Prvek označení	Rozměry (mm)			
	I (21 až 28)	II (29 až 37)	III (38 až 48)	IV (49 až 60)
R_1	960	845	740	650
R_2	665	585	515	450
Z	495	437	382	335
D_1	252	222	194	170
D_2 až D_7	231	203	178	156
H_1	178	157	137	120
H_2	61	53,5	46,5	41
H_3 a H_4	49	43	37,5	33
H_5	74	65	57	50
H_6	89	78	68	60
H_7	104	91	80	70
H_8	118	104	91	80

uprostřed jako půlvlnný dipól. Zářič je uchycen v kmitnách proudu tak, jak je to znázorněno na obr. 152c.

Závislosti zisku této antény pro příslušné skupiny kanálů jsou vyznačeny na obr. 153. Rozměry pro jednotlivé skupiny kanálů jsou uvedeny v tab. 21. Průměry trubek všech prvků jsou 8 mm; provedení reflektoru je stejné jako u reflektoru na obr. 161b.



Obr. 153. Kmitočtová závislost zisku antény z obr. 152

58. PÁSMOVÉ A DVOUPÁSMOVÉ ANTÉNY YAGI PRO IV. A V. TELEVIZNÍ PÁSMO

a) Stavebnicová anténa od šesti do pětatřiceti prvků pro kanály č. 21 až 34

Anténa na obr. 154 může být zhotovena s libovolným počtem prvků od 6 do 35. Lze tak splnit většinu požadavků na příjem ve IV. televizním pásmu. Pětatřicet prvků je hranicí zvětšování zisku antény. Popisovaná anténa má menší zisk na spodní části pásma, zisk se plynule zvětšuje směrem ke kanálu č. 34. Smíříme-li se s jistým zmenšením zisku, je tato anténa použitelná až do kanálu č. 39.

Technické údaje

	6 prvků	10 prvků	20 prvků	35 prvků
provozní zisk (dB)	7 až 8,5	9,5 až 11	13 až 16	15 až 19
činitel zpětného příjmu (dB)	-15 až -25	-18 až -25	-21 až -35	-21 až -35
α_h (°)	52 až 58	42 až 47	25 až 33	18 až 28
α_v (°)	65 až 82	46 až 56	25 až 34	18 až 29

b) Osmiprvková anténa s trojitým reflektorem pro kanály č. 21 až 60 (obr. 155)

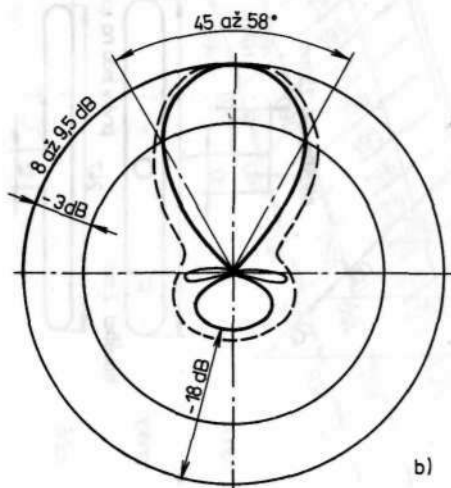
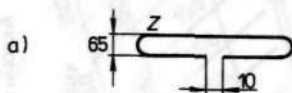
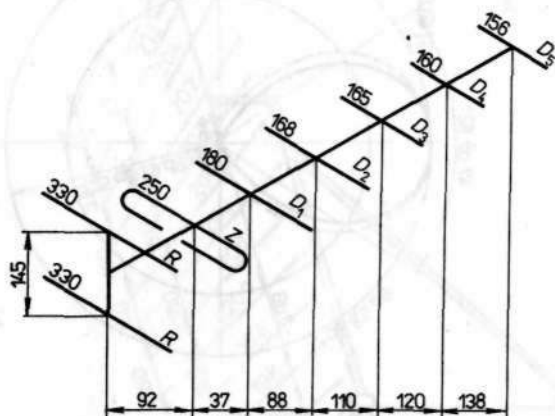
Tato anténa je nejjednodušší anténa pro celé dnes používané pásmo UHF. Je vhodná pro místa se silným signálem a s poněkud členitým okolím (např. ve městech), kde může dojít k odrazům ze zadního směru. Je vhodná i pro umístění na okenní rám, což ale vyžaduje přímý výhled na vysílač.

Technické údaje

	kanál č. 21	kanál č. 60
provozní zisk	7 dB	8,5 dB
činitel zpětného příjmu	-29 dB	-25 dB
σ	< 1,5	< 2,1
α_h	62°	47°
α_v	80°	55°

c) Osmiprvková anténa s dvojitým reflektorem pro kanály č. 21 až 60 (obr. 156)

Tato anténa má poněkud užší hlavní lalok diagramu záření i poněkud větší zisk než osmiprvková anténa z obr. 155. Má však horší činitel zpětného příjmu, a proto je vhodná do míst s dosti silným signálem, ale bez odrazů ze zadního směru.



Obr. 156. Osmiprvková anténa s dvojitým reflektorem pro kanály č. 21 až 60

Technické údaje

	kanál č. 21	kanál č. 60
provozní zisk	8 dB	9,5 dB
činitel zpětného příjmu	-20 dB	-18 dB
σ	<1,6	<2,0
α_h	58°	45°
α_v	78°	50°

d) Třináctiprvková anténa pro kanály č. 21 až 60 (obr. 157)

Je vhodná pro místa se středně silným signálem v méně členitém prostředí, např. ve vilových čtvrtích bez výškové zástavby.

Technické údaje

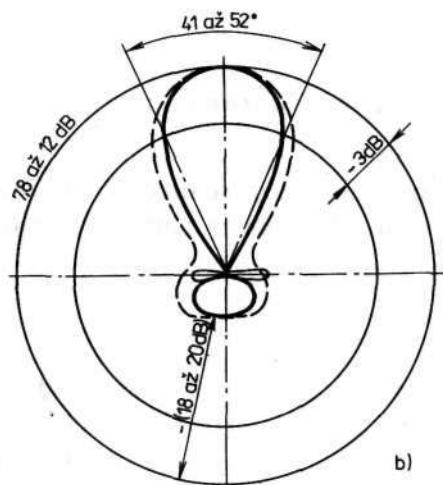
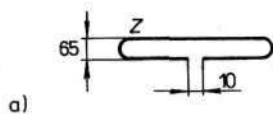
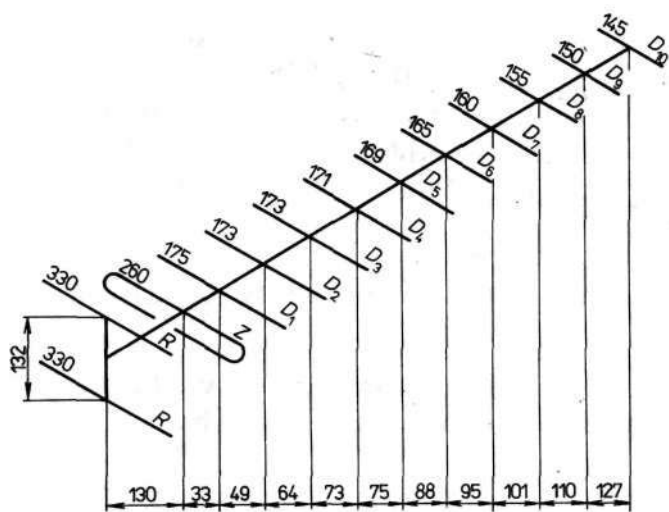
	kanál č. 21	kanál č. 60
provozní zisk	7,8 dB	12 dB
činitel zpětného příjmu	-21 dB	-23 dB
σ	<1,4	<1,25
α_h	51°	42°
α_v	73°	48°

c) Devatenáctiprvková pásmová anténa pro kanály č. 21 až 60 (obr. 158)

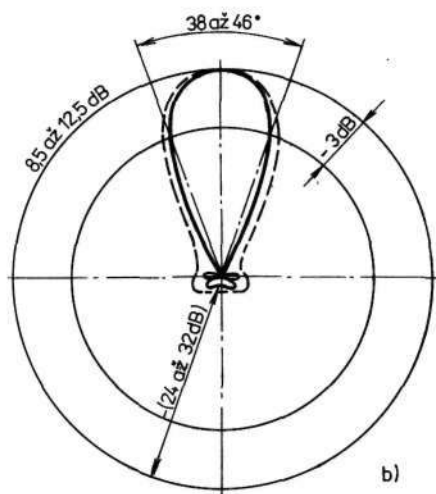
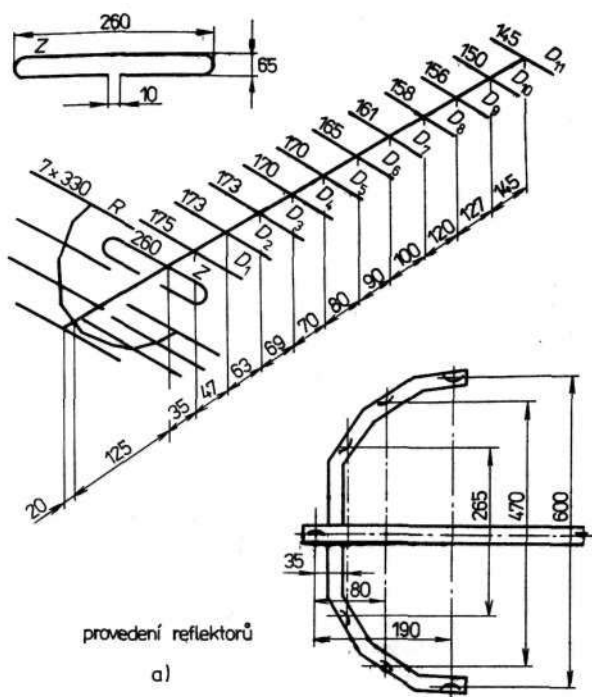
Je to standardní širokopásmová anténa pro místa se středním až slabým signálem v členitém prostředí větších měst nebo v mírně kopcovitém terénu.

Technické údaje

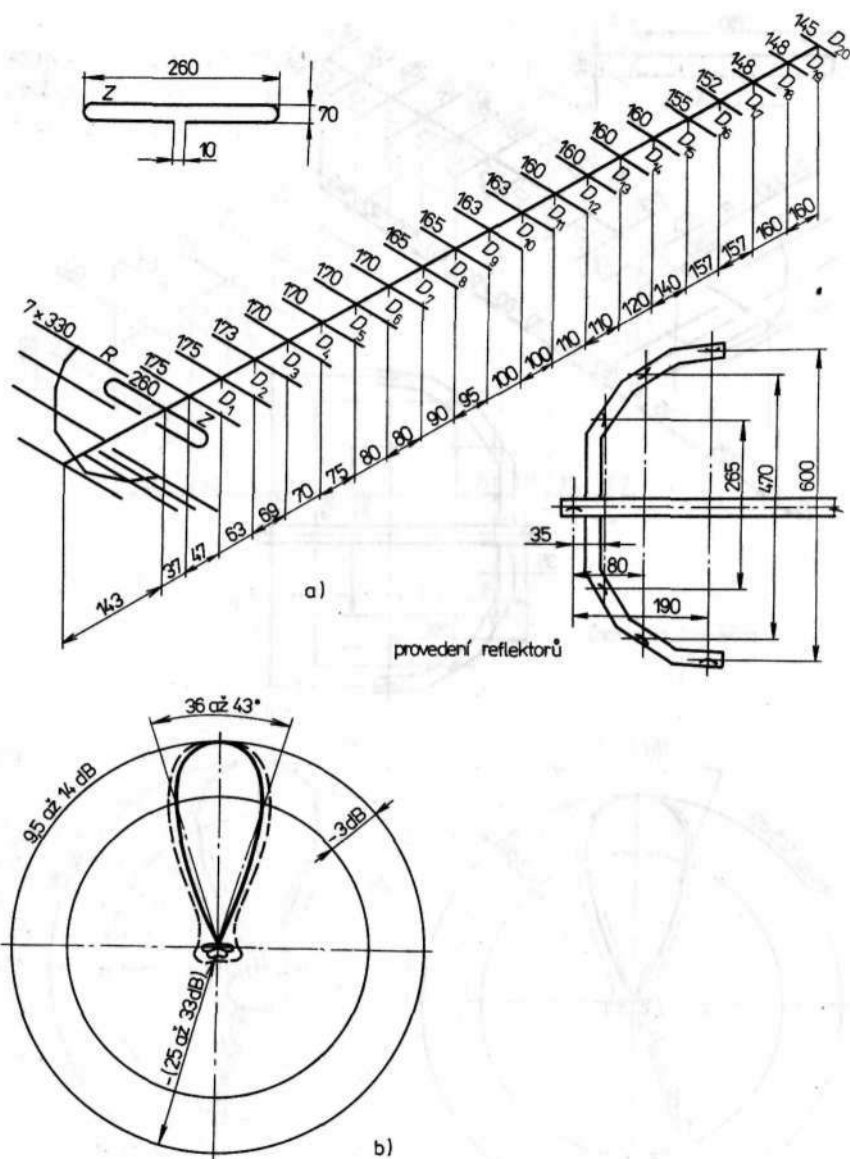
	kanál č. 21	kanál č. 60
provozní zisk	8,5 dB	12,5 dB
činitel zpětného příjmu	-24 dB	-32 dB
σ	<1,4	<1,3
α_h	46°	38°
α_v	52°	42°



Obr. 157. Třináctiprvková anténa pro kanály č. 21 až 60



Obr. 158. Devatenáctiprvková anténa pro kanály č. 21 až 60



Obr. 159. Osmadvacetiprvková anténa pro kanály č. 21 až 60

- f) Osmadvacetiprvková pásmová anténa pro kanály č. 21 až 60 (obr. 159)

Je velmi výkonná anténa, vhodná pro místa slabšího signálu v členitém terénu nebo v městských čtvrtích s různě členitou zástavbou. Tam, kde tato anténa svými parametry nestačí, je vhodné použít úzkopásmovou anténu, např. z obr. 150 nebo z obr. 151.

Technické údaje

	kanál č. 21	kanál č. 60
provozní zisk	9,5 dB	14 dB
činitel zpětného příjmu	-25 dB	-33 dB
σ	< 1,4	< 1,25
α_h	43°	36°
α_v	50°	40°

59. DALŠÍ ŠIROKOPÁSMOVÉ ANTÉNY

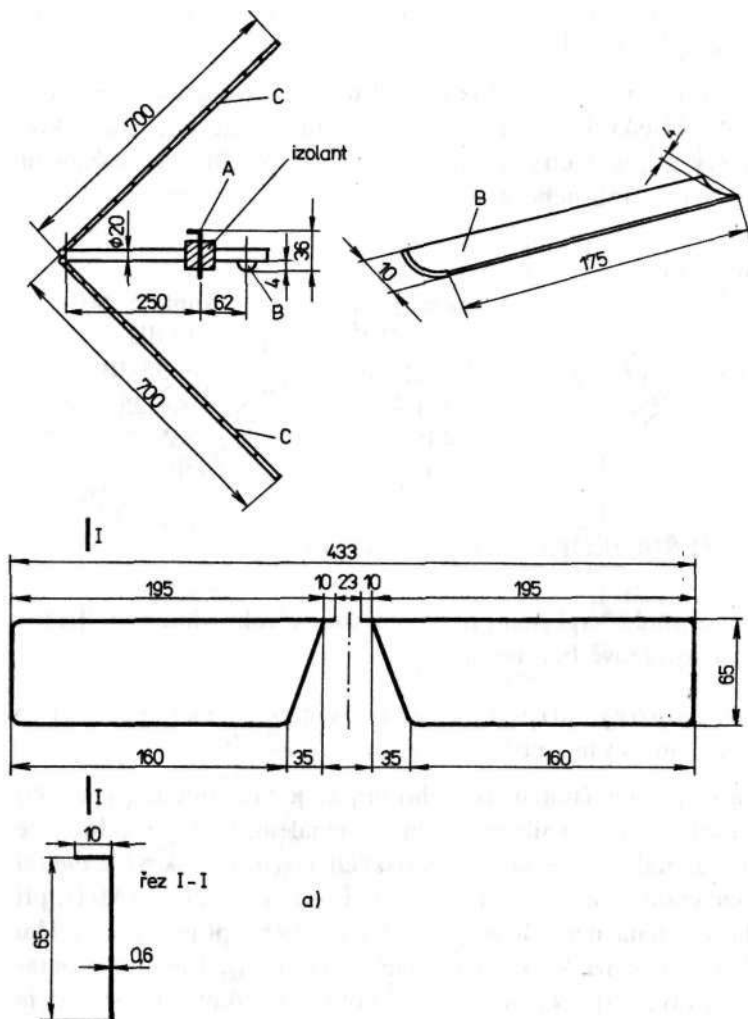
Kromě antén Yagi jsou pro amatérskou výrobu vhodné reflektorové antény a soufázově buzené antény.

- a) Širokopásmový dipól s úhlovým reflektorem a s širokopásmovým reflektorem

Vzhledem k velkému činiteli zpětného příjmu je tato anténa (obr. 160) vhodná do míst se středně silným a silným signálem, rušeným odrazy ze zadního směru, tedy zejména do městských čtvrtí s výškově členitou zástavbou. Diagram záření na obr. 160c platí pro kmitočet 730 MHz, při němž má tato anténa největší zisk. Činitel zpětného příjmu je v celém rozsahu IV. a V. televizního pásma téměř rovnoměrný. Elektrické parametry jsou na obr. 161. Na obr. 162 je pohled na skutečné provedení antény s úhlovým reflektorem.

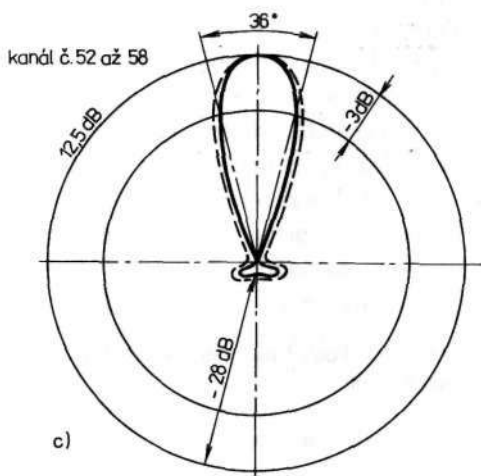
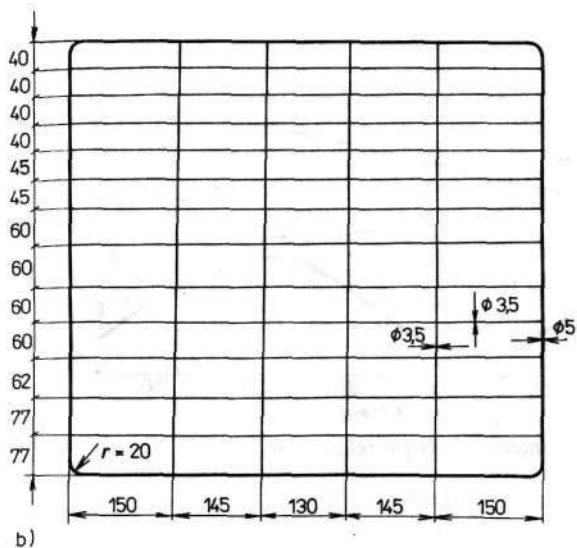
- b) Buzená celovlnná patrová soustava pro kanály č. 21 až 81

Tato anténa (obr. 163) je velmi vhodná pro amatérskou stavbu, protože není tak náročná na přesnost jako např. antény Yagi a dává vždy dobré výsledky. Reflektorová stěna může být buď ze sítě s velikostí ok 20 X 20 mm (obr. 163a), nebo může být zhotovena podle obr. 163b.



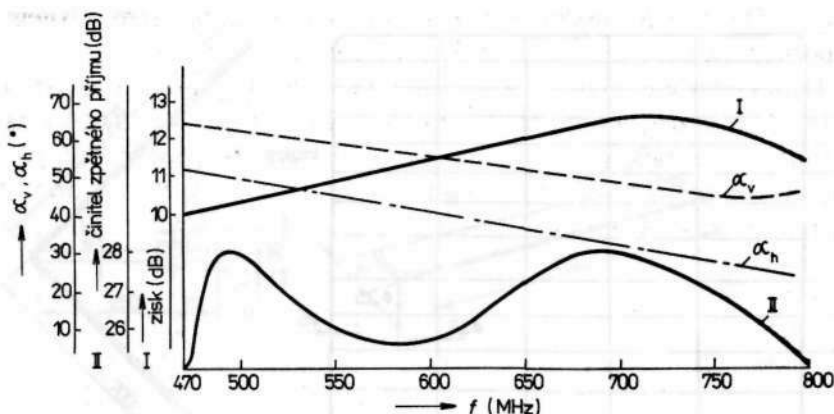
Obr. 160. a) Širokopásmová anténa s úhlovým reflektorem (celovlnný zářič je ve středu izolovaně uchycen na nosné ráhno)

V obou případech je však nezbytné všechny křižující se dráty vzájemně spájet cínem nebo celou reflektorovou stěnu v ohni pocínovat (galvanické pocínování nestačí). Elektrické hodnoty jsou v celém pásmu téměř rovno-

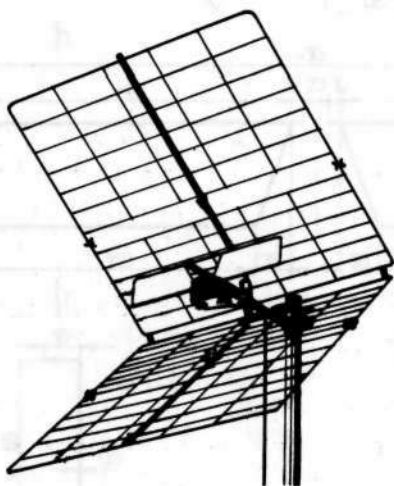


Obr. 160. b) detail poloviny úhlového reflektoru; všechny spoje jsou propájeny cínem,
c) směrový diagram antény s úhlovým reflektorem

měrné (viz také obr. 171). Anténa je vhodná i do míst s nehomogenním polem, je podstatně méně citlivá na kvalitu dopadajícího pole než antény typu Yagi.



Obr. 161. Elektrické parametry antény s úhlovým reflektorem



Obr. 162. Pohled na anténu s úhlovým reflektorem

Technické údaje

provozní zisk	12 dB
činitel zpětného příjmu	-27 dB
σ	< 1,25
α_h	34°
α_v	58°

Zisk buzené celovlnné patrové soustavy lze při zachování základních vlastností zvýšit asi o 2 dB přidáním řady direktorů ke každému zářiči

(obr. 164). Nosiče direktorů jsou na obou koncích opatřeny závitem, umožňujícím snadné zabudování i do již hotové antény.

Dalšího zvýšení zisku s dosáhne uspořádáním čtyř antén do soustavy (obr. 165). Rozteč antén v ose soustavy je volena tak, aby vzdálenost mezi jednotlivými zářiči byla konstantní. Reflektory těchto antén se tedy překrývají, je vhodné je příslušně zkrátit. Sloučení antén je vhodné provést sériově paralelním spojením podle čl. 40.

Technické údaje

	500 MHz	800 MHz
provozní zisk	15,5 dB	20 dB
činitel zpětného příjmu	−27 dB	−27 dB
σ	<1,8	<1,8

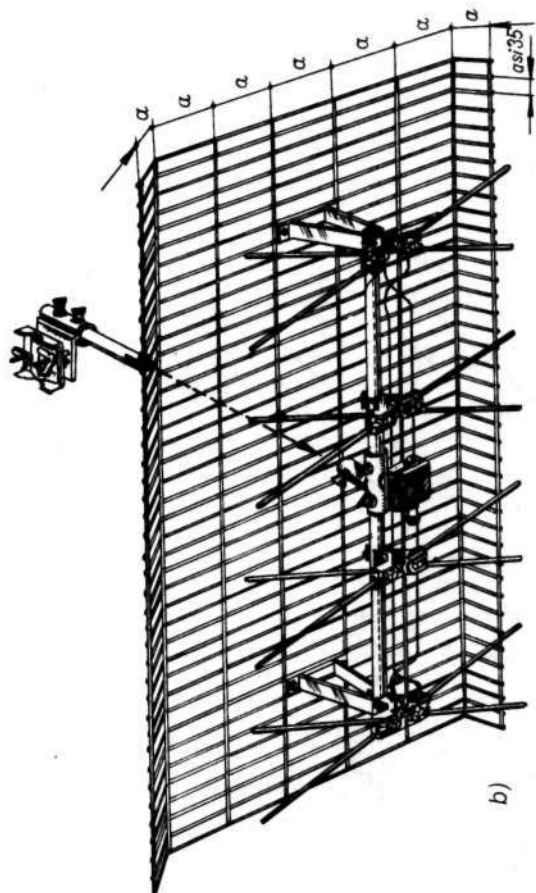
- c) Krátká reflektorová anténa se dvěma řadami vlnovodů (obr. 166, tab. 22)

Tento typ antény vyniká malými rozměry a velmi dobrými elektrickými vlastnostmi i v místech slabého signálu. Provedení reflektorové stěny — až na celkové rozměry — je shodné s provedením reflektorové stěny použité u antény na obr. 160. Rovněž zářič je obdobný jako u antény na obr. 160. Jeho rozměry a způsob uchycení na ráhno jsou zřejmé z obr. 166b. Místo hranolu z polystyrénu lze použít vhodnou anténní krabici, rozměry je však třeba zachovat. Tento celovlnný zářič není spojen se zemí, a proto při jeho umístění vně budovy je třeba spojit každou polovinu zářiče s ráhmem pomocí tlumivky (tlumivka je tvořena asi 25 závity drátem Cu smalt s průměrem 0,5 mm, vinutými samonosně na průměru 4 mm).

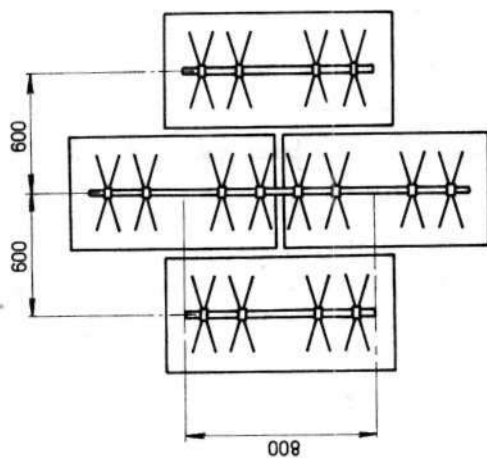
Uchycení řady direktorů je naznačeno na obr. 166c. Důležité je dodržet vzdálenosti S_1 až S_{10} , protože mají příznivý vliv na celkový výkon antény. Zdůrazňujeme, že důležitá je vzdálenost konců direktorů, které jsou zapuštěny (např. zateplá nalisovány) do polystyrénových hranolů (obr. 166c).

Technické údaje

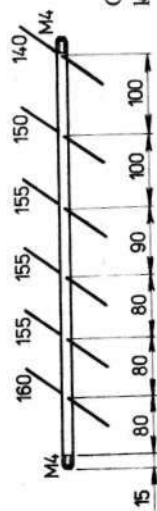
provozní zisk	13 dB
činitel zpětného příjmu	−25 dB
σ	<1,3
α_h	28°
α_v	42°



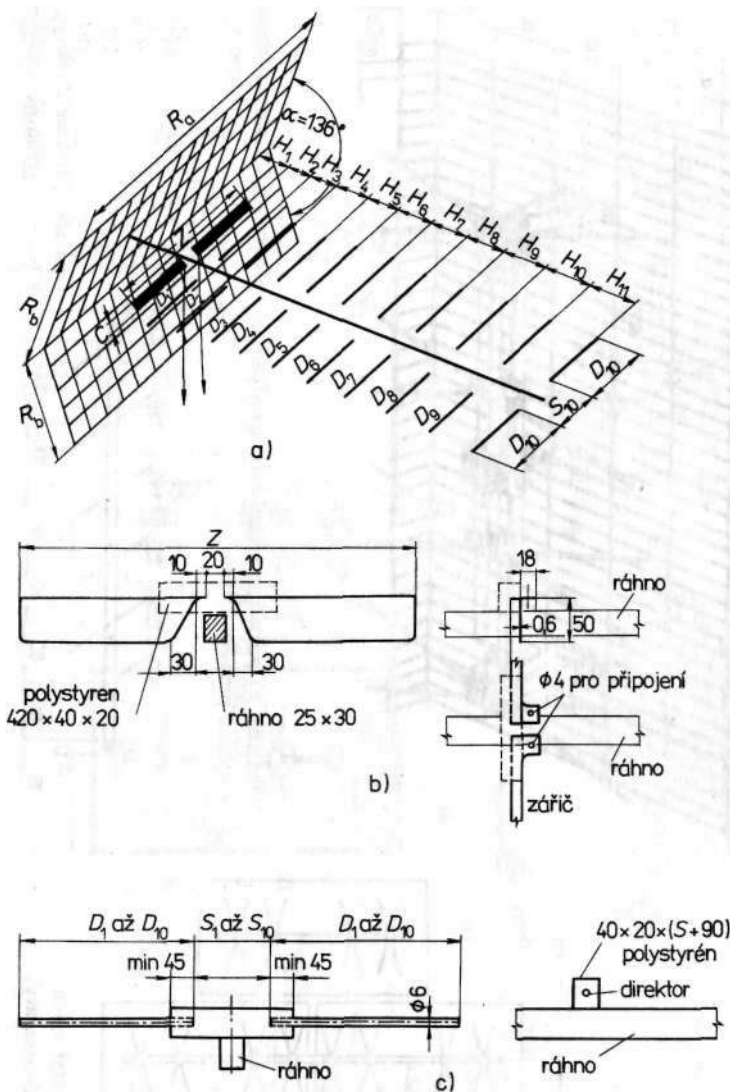
Obr. 163. b) příklad provedení buzené čtyřpatrové soustavy s reflektorovou stěnou z drátů o průměru 2,5 mm



Obr. 165. Uspořádání čtyř antén z obr. 163, popř. 164 do soustavy



Obr. 164. Přídavné direktory k buzené čtyřpatrové soustavě



Obr. 166. Krátká reflektorová anténa se dvěma řadami vlnovodů; všechny direktory mají průměr 6 mm

Tabulka 22. Rozměry k obr. 166

Kanal č.	Rozměry (mm)											
	R_a	R_b	Z	c	D_1	D_2	D_3	D_4	D_5	D_6	D_7	D_8
21 až 24	645	400	530	50	265	261	257	253	250	246	242	238
25 až 28	605	374	495	50	250	245	240	235	232	230	226	222
29 až 32	567	352	466	45	233	230	226	222	220	216	213	210
33 až 36	535	332	440	45	220	216	213	210	207	204	200	198
36 až 39	513	318	422	40	210	208	204	202	200	196	192	190

	D_9	D_{10}	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9
21 až 24	235	232	78	96	112	132	148	166	184	202	218
25 až 28	220	217	73	90	105	124	138	155	172	190	204
29 až 32	207	205	68	85	98	116	130	146	162	178	192
33 až 36	195	192	65	80	93	110	122	138	153	168	180
36 až 39	187	185	63	76	90	105	118	132	146	160	173

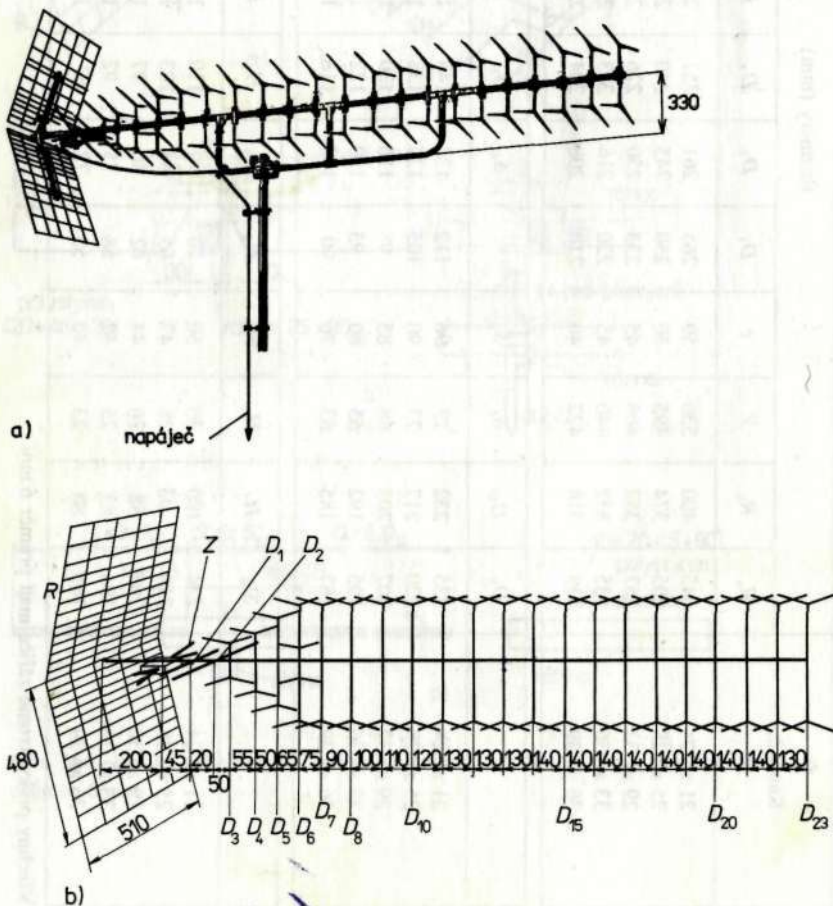
	S_{10}	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}
21 až 24	234	100	30	50	70	90	110	130	150	170	190	210
25 až 28	219	93	28	47	65	84	103	122	140	160	178	196
29 až 32	206	88	26	44	62	80	97	114	132	150	168	185
33 až 36	194	83	25	42	58	75	92	108	124	141	158	174
36 až 39	186	80	23	40	55	72	87	103	120	135	150	167

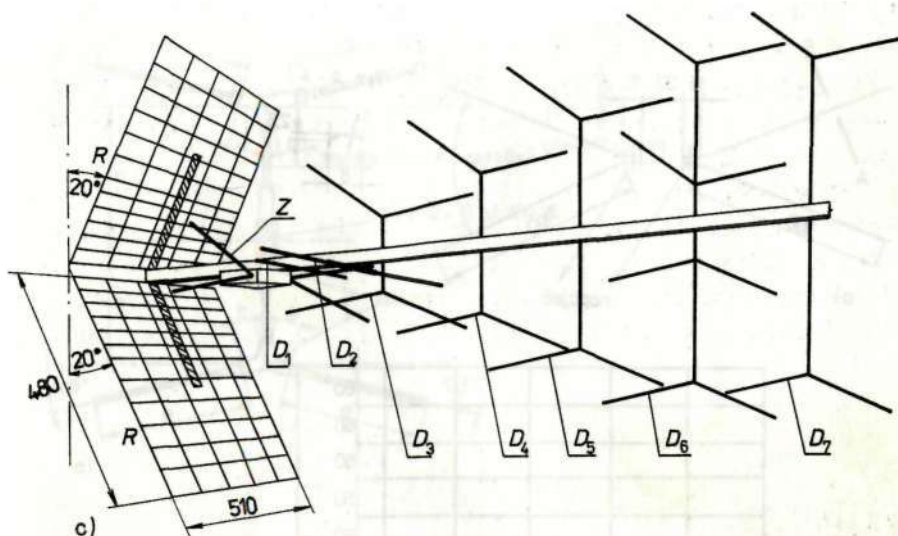
Všechny prvky kromě zářiče mají průměr 6 mm

d) Třidevadesátiprvková vícenásobná anténa Yagi pro IV. a V. televizní pásmo

Na obrázcích 167 a 169 je velmi výkonná širokopásmová anténa, která obsáhne IV. a V. televizní pásmo. V současné době je tato anténa považována za nejdokonalejší modifikaci antény se skupinovými zářiči.

Celkový pohled na tuto anténu je na obr. 167a. Z něho je patrný způsob vyztužení ráhna, který se musí dodržet. Výztuha je od ráhna vzdálena 330 mm. Celkové rozměry jsou na obr. 167b. Detail uspořádání prvků okolo zářiče je na obr. 167c. Direktor $D1$ je galvanicky spojen s ráhnem, ostatní direktory jsou uchyceny izolovaně. Tvar zářiče a jeho rozměry jsou

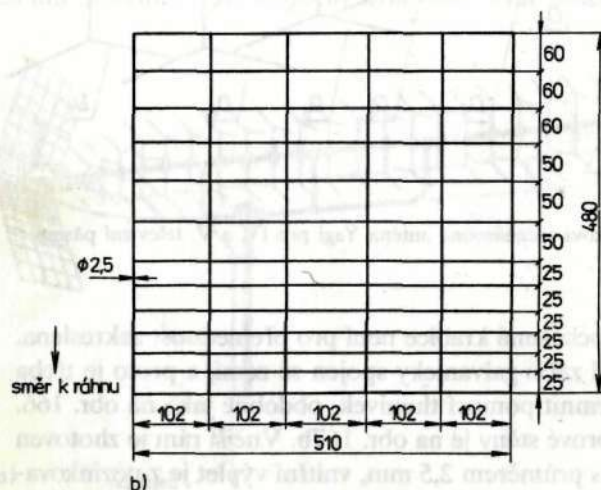
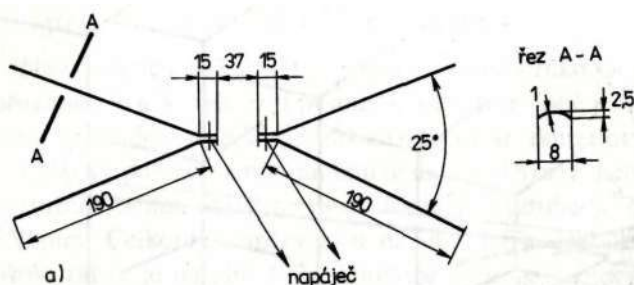




Obr. 167. Třidevadesátiprvková vícenásobná anténa Yagi pro IV. a V. televizní pásmo

uvedeny na obr. 168a; ochranná krabice není pro přehlednost zakreslena. Také u této antény není zářič galvanicky spojen se zemí, a proto je třeba obě poloviny zářiče uzemnit pomocí tlumivek, obdobně jako na obr. 166. Detail poloviny reflektorové stěny je na obr. 167b. Vnější rám je zhotoven z pozinkovaného drátu s průměrem 2,5 mm, vnitřní výplet je z pozinkovaného drátu s průměrem 2 mm. Direktor D_1 je tvořen páskem dlouhým 150 mm se stejným profilem jako u zářiče. Zářič je uprostřed přinýtován na ráhno. Direktory D_3 až D_{23} (kromě direktoru D_2) mají shodný tvar (obr. 169a). Direktor D_6 je doplněn další čtveřicí direktorů (obr. 169b). Rozměry direktorů D_2 až D_{73} jsou na obr. 169a, 169b a jsou uvedeny v tab. 23.

Upozorňujeme, že směrodatné rozměry direktorů na obr. 169a, b jsou kótovány včetně upevnění v izolantu, a to je třeba (obdobně jako u antény podle obr. 166) přesně dodržet. Na přichycení direktorů je výhodné zhotovit formu, protože spoj se opakuje 45krát. Technické parametry této antény, která se v zahraničí sériově vyrábí, uvádíme v tab. 24 a na obr. 171.

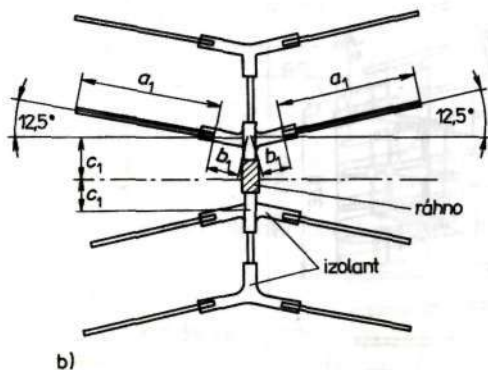
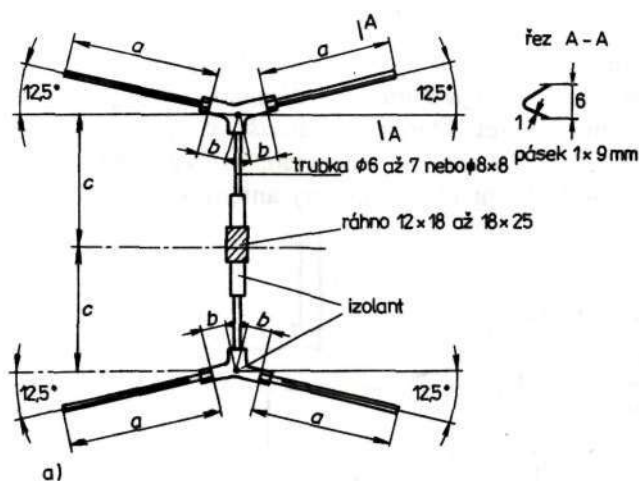


Obr. 168. Detaily k anténě z obr. 167

a) tvar a rozměry zářiče, b) polovina reflektorové stěny

Tabulka 23. Rozměry direktorů u antény z obr. 169a, b

Direktor	Rozměry (mm)					
	a	b	c	a_1	b_1	c_1
D_2	145	55	—	—	—	—
D_3	145	55	35	—	—	—
D_4	145	55	55	—	—	—
D_5	145	55	95	—	—	—
D_6	145	55	120	145	55	30
D_7 až D_{14}	145	55	120	—	—	—
D_{15} až D_{23}	136	55	120	—	—	—



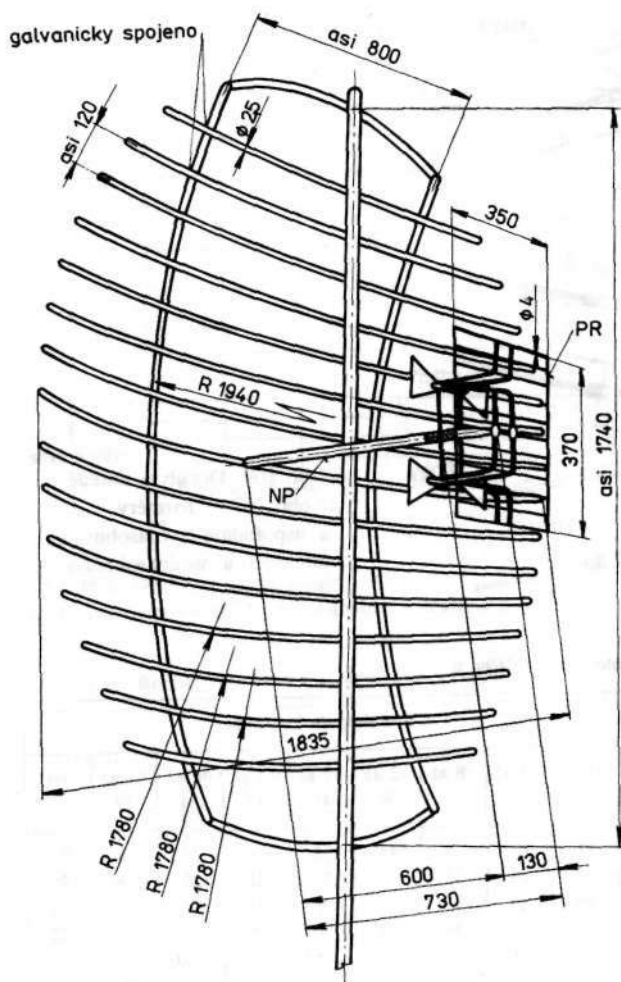
Obr. 169. Detaily k anténě z obr. 167 – rozměry a uspořádání čtyřnásobných direktorů a osminásobného direktoru

Tabulka 24. Technické údaje antény z obr. 169a, b

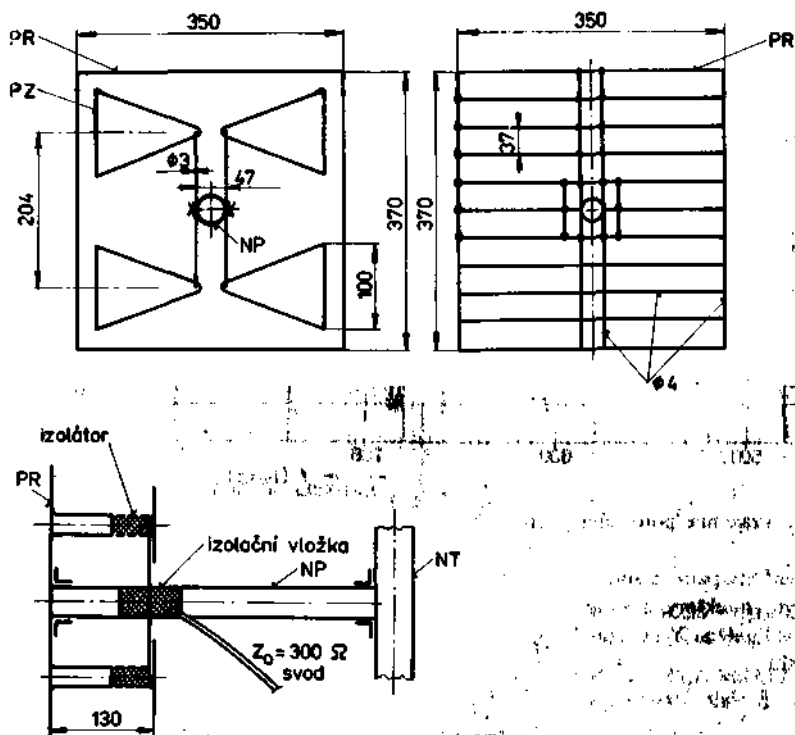
Veličina	Pro skupinu kanálů č.								
	21 až 22	23 až 27	28 až 31	32 až 36	37 až 41	42 až 45	46 až 50	51 až 59	60
Zisk (dB)	11	12	13	14	15	16	17	18	17
Činitel zpětného příjmu (dB)	-24	-28	-32	-32	-30	-31	-27	-28	-25
α_h	39	36	33	30	26	23	22	20	18
α_v	47	42	38	34	30	26	25	23	22
Elektrická délka $1/\lambda$	4,2	4,5	4,8	5,1	5,4	5,7	6,0	6,4	6,7
Mechanická délka (m)	2,66								

e) Parabolická anténa

Anténa s parabolickým reflektorem je na obr. 170. Jde o provedení, jaké se v zahraničí prodává pod názvem Parascopes. Primární záhc je tvořen dvojicí dipólů před pomocným reflektorem. Pro snazší výrobu lze parabolický tvar reflektoru nahradit kulovým vrchlíkem; vzniklá chyba není v tomto případě podstatná. Technické parametry antény v tomto provedení jsou v tab. 25.



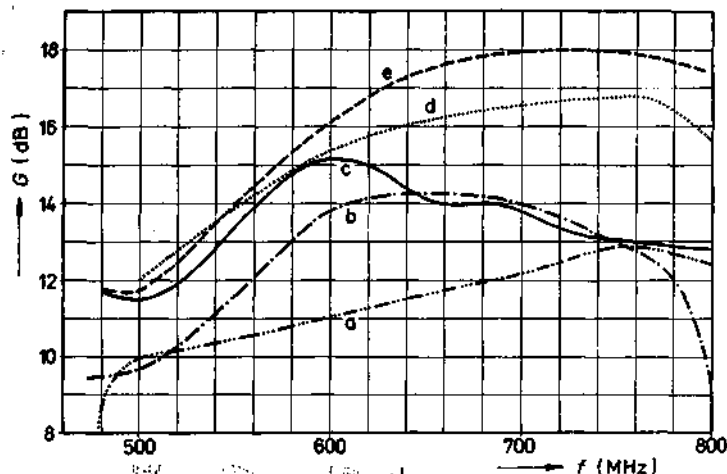
Obr. 170. I. část. Parabolická anténa Parascopes pro IV. a V. televizní pásmo



Obr. 170. II. část. Parabolická anténa Parascopu pro IV. a V. televizní pásmo

Tabulka 25. Elektrické parametry antény Parascopu bez přídavné sítě

Kanály č.	Provozní zisk (dB)	Činitel zpětného příjmu (dB)	$\alpha_h (^{\circ})$	$\alpha_v (^{\circ})$
21	11,7	-17,5	24,5	25,0
25	11,3	-19,5	22,5	24,5
31	13,4	-14,0	19,0	19,0
37	15,2	-17,2	17,5	20,5
43	14,3	-16,7	16,0	19,5
49	13,7	-13,2	15,0	16,0
55	13,1	-11,5	14,0	16,5
60	13,1	-16,0	13,0	16,5



Obr. 171. Vzájemné porovnání zisku širokopásmových antén pro IV. a V. televizní pásmo

a — buzená čtyřpatrová soustava (obr. 163), b — anténa X-Color (KC91BL), se skupinovými direktory, c — anténa Parascope podle obr. 170, d — třiadevadesátiprvková vícenásobná anténa Yagi (obr. 167), e — anténa Parascope s reflektorem pokrytým vodivou sítí

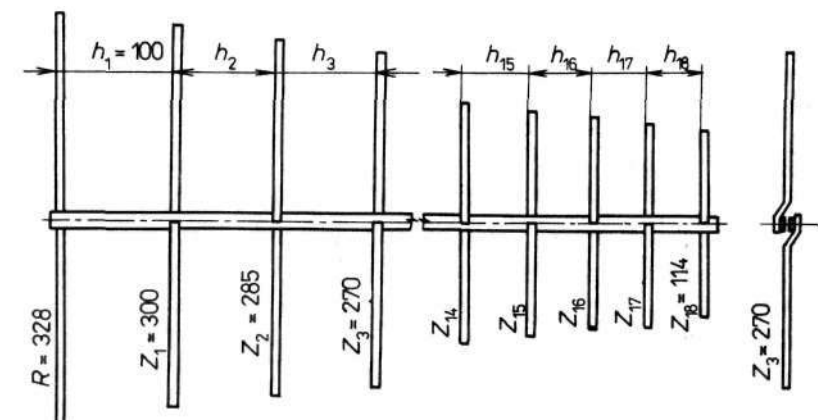
Zisk antény (zvláste na horním konci pásma) neodpovídá plose reflektoru. Je to způsobeno tím, že reflektor je příliš řídký. Pokryje-li se reflektor vodivou sítí s velikostí ok asi 20 X 20 mm, zisk antény se výrazně zlepší.

Teoreticky je možné dále zvětšovat zisk popisované antény zvětšováním průměru reflektoru. Pole přijímané vlny však není v praxi dostatečně homogenní, takže větší antény nejsou účelné.

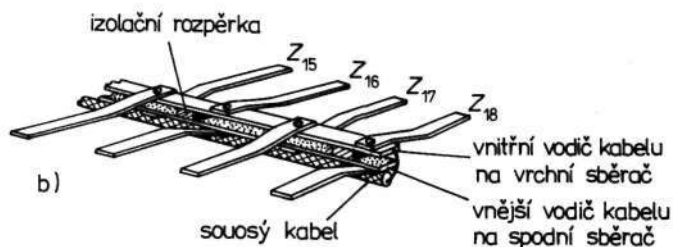
Na obr. 171 je grafické porovnání zisků typických širokopásmových antén pro UHF.

f) Devatenáctiprvková logaritmicko-periodická anténa pro kanály č. 21 až 81

Podle závěrů v č. 32 je na obr. 172 navržena logaritmicko-periodická anténa. S malým počtem prvků se u ní dosáhne dobrého zisku a zejména výborného impedančního přizpůsobení. Na obr. 172a je rozměrový náčrtek, ve kterém jsou vynechány zářiče Z_4 až Z_{13} . Reflektor je vcelku a je připevněn na spodní sběrač.



a)



b)

Obr. 172. Logaritmicko-periodická anténa s reflektorem

Tabulka 26. Rozměry jednotlivých prvků logaritmicko-periodické antény z obr. 172

Prvek	Délka (mm)	Prvek	Délka (mm)	Rozteč (mm)	Rozteč (mm)
R	328	Z_{10}	180	$h_1 = 100$	$h_{10} = 60$
Z_1	300	Z_{11}	170	$h_1 = 95$	$h_{10} = 57$
Z_2	285	Z_{12}	160	$h_3 = 90$	$h_{12} = 53,5$
Z_3	270	Z_{13}	152	$h_4 = 85$	$h_{13} = 50,5$
Z_4	255	Z_{14}	143	$h_5 = 80$	$h_{14} = 47,5$
Z_5	240	Z_{15}	135	$h_6 = 76$	$h_{15} = 45$
Z_6	228	Z_{16}	127	$h_7 = 72$	$h_{16} = 43$
Z_7	214	Z_{17}	120	$h_8 = 67,5$	$h_{17} = 40$
Z_8	202	Z_{18}	114	$h_9 = 64$	$h_{18} = 38$
Z_9	190				

Na obr. 172b je detail upevnění zářičů včetně připojení sousedního kabelu. Sběrače jsou z ocelového pásku s rozměry 30 X 3 mm, reflektor a zářiče jsou z ocelového pásku s rozměry 12 X 0,5 mm, prvky jsou ke sběračům přínýtovány. Jako distanční rozpěrka mezi sběrači je použit rázuvzdorný polystyrén s tloušťkou 6 mm. Rozteč mezi sběrači je tedy 6 mm. Při změně permitivity izolantu se musí dbát na to, aby charakteristická impedance sběračů byla 75Ω . Výstupní impedance je 75Ω . Rozměry prvků jsou v tab. 26.

Technické údaje

	kanál č. 21	kanál č. 60	kanál č. 81
provozní zisk	10 dB	11,5 dB	10 dB
činitel zpětného			
příjmu	-25 dB	-32 dB	-30 dB
σ (pro $Z_0 = 75 \Omega$)	< 1,05	< 1,03	1,1
α_1	46°	40°	44°
α_2	60°	48°	58°

V. ANTÉNNÍ STOŽÁR A JEHO UCHYCENÍ

-

-

Umístění antény na stěně budovy nebo v půdních prostorech většinou nevyhovuje a je třeba postavit anténní stožár na střeše budovy. Přestože se ke stavbě stožáru nevyžaduje stavební povolení, vyplatí se ke stavbě přistupovat zodpovědně. Zejména je třeba dodržet příslušná ustanovení ČSN 34 2820 (Bezpečnostní předpisy pro antény) a ČSN 34 1390 (Předpisy pro hromosvody).

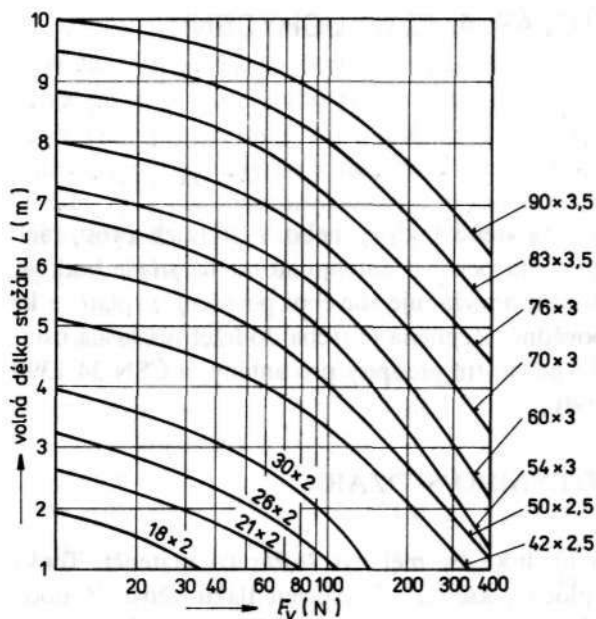
60. PRŮMĚRANTÉNNÍHO STOŽÁRU

Z elektrického hlediska by měl být stožár co nejtenčí. Tenký stožár má také menší plochu, kterou je vystaven tlaku větru. Z obou důvodů je tedy výhodné volit pro stožár co nejkvalitnější ocel.

Limitujícím faktorem při statickém návrhu stožáru není hmotnost antén, ale síla vyvozená tlakem větru. Měrný tlak větru v našich podmínkách dosahuje hodnoty $p = 700 \text{ Pa}$ (tj. 700 N/m^2), v horských oblastech se počítá s dvojnásobkem. Síla působící na anténu je úměrná měrnému tlaku a ploše antény vystavené větru. Platí

$$F = S p c \quad (\text{N; m}^2, \text{Pa, } -)$$

Konstanta c je aerodynamický součinitel, jehož hodnota se podle poryvů větru pohybuje mezi 1,5 a 7. Plocha antény je přibližně součtem ploch, jimiž jsou jednotlivé prvky vystaveny větru. Například buzená čtyřpatrová soustava TVA 21 — 60 má reflektor tvořený sítí vodičů s průměrem 2,5 mm s rozměry 1 000 X 600 mm. Vodorovných vodičů je v síti 40, svislých 8 (obr. 163b). Plocha reflektorové sítě je asi $40 \times 600 \times 2,5 + 1\,000 \times 8 \times 2,5 = 80\,000 \text{ mm}^2 = 0,08 \text{ m}^2$. Po započítání ostatních prvků vyjde plocha antény $0,122 \text{ m}^2$. Jednoduchý výpočet vychází z předpokladu laminárního proudění vzduchu a je splněn, jsou-li jednotlivé prvky antény vzájemně dostatečně vzdáleny. Při použití hustého pleťva (průměr oka menší než 15 mm) se síla působící na anténu značně zvětší.



Obr. 173. Dimenzování anténního stožáru podle jeho délky a zatížení

Dimenzování trubky z oceli ČSN 42 5715 podle síly působící na anténu v dané výšce udává graf na obr. 173. Při instalaci **několika antén na jeden stožár** se síly působící na jednotlivé antény přepočítají na fiktivní síly v místě nejvyšší antény a ty se sečtou. Je-li nejvyšší anténa 1 ve výšce h_1 a ostatní antény jsou ve výškách h_2, h_3, \dots , je výsledná síla pro statistický výpočet

$$F = F_1 + F_2 \frac{h_2}{h_1} + F_3 \frac{h_3}{h_1} + \dots$$

Uvedené výpočty platí pro vetknutý stožár bez dalšího kotvení. Další pomocné konstrukce stožár staticky zpevňují, takže hodnoty pro vetknutý stožár poskytnou bezpečný odhad rozměrů. Další podrobnosti pro návrh stožáru jsou obsaženy v těchto předpisech:

ČSN 73 0031 Výpočet stavebních konstrukcí a základů

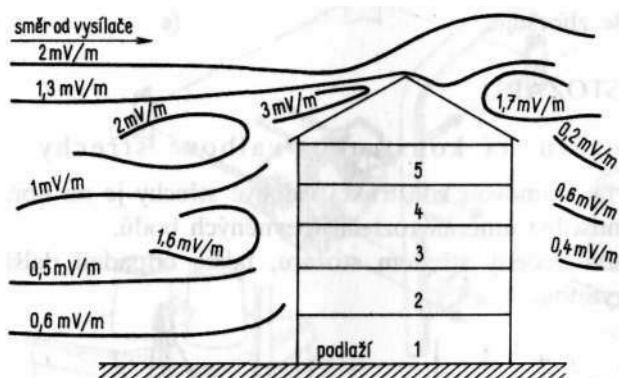
ČSN 73 0035 Zatížení konstrukcí pozemních staveb

ČSN 73 1401 Navrhování ocelových konstrukcí

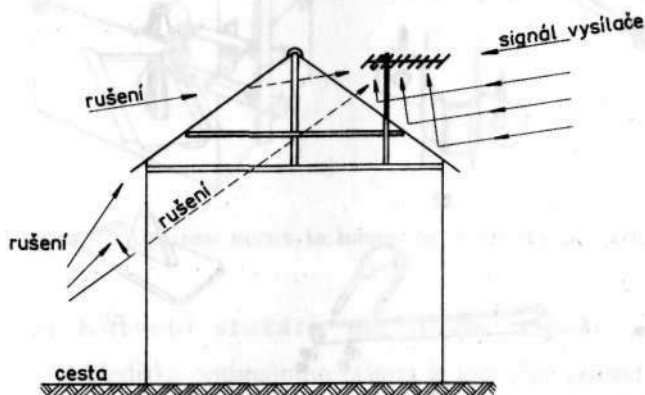
ČSN 73 1430 Navrhování ocelových konstrukcí anténních stožárů

61. UMÍSTĚNÍ STOŽÁRU

V praxi je volba umístění antény omezena možnostmi ukotvení stožáru, vyplývajících ze stavebního uspořádání střechy. Zpravidla však zůstává jistá volnost. Umístění antény výhodné z elektrického hlediska vychází z typického rozložení intenzity elektromagnetického pole v blízkosti budovy (obr. 174). Největší intenzita pole je uprostřed šikmé střechy přivrácené k vysílači. Zajímavé je, že v dolní polovině odvrácené strany je také poměrně velká intenzita pole. Nejméně výhodné je umístění antény na hřeben střechy. Umístěním v dolní polovině střechy lze navíc odstranit rušivé signály (obr. 19, 175).



Obr. 174. Příklad rozložení elektromagnetického pole v okolí pětipodlažní budovy



Obr. 175. Umístění antény vhodné pro odstínění rušení působené pouličním provozem

Velká intenzita pole na přivrácené straně střechy je způsobena tím, že pole dopadající vlny se sčítá s polem vlny odražené od střechy. To má za následek, že výsledné pole není homogenní, takže použitá anténa nemusí vykazovat předpokládané vlastnosti. Na ploché střeše je výhodné umístit anténu poblíž středu střechy, a to jak z hlediska odstínění, tak z hlediska homogenity pole. Ideální je stanovit umístění stožáru na základě měření, nejlépe s anténou plánovanou pro instalaci.

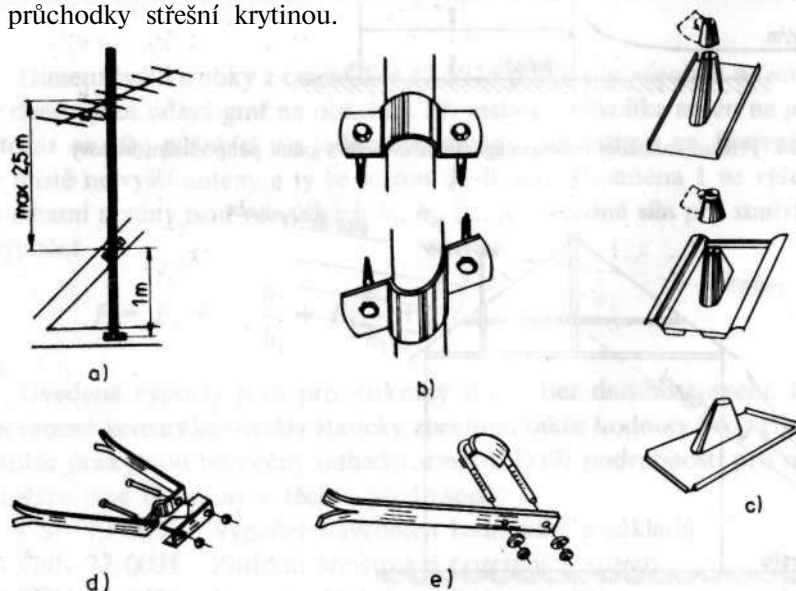
Výšku upevnění antény je třeba volit podle individuálních podmínek s ohledem na blízké překážky ve směru k vysílači. Zkušenosti s dálkovým příjmem na výškových domech ukazují, že optimální výška antény nad plochou střechy nezastíněného domu je 2 až 3 m, zvětšováním výšky antény se příjem spíše zhoršuje.

62. KOTVENÍ STOŽÁRU

a) Upevnění stožáru na konstrukci valbové střechy

Upevnění stožáru na trámovou konstrukci valbové střechy je na obr. 176. Délka stožáru musí být úměrná rozteči upevňených bodů.

Napáječe antén jsou vedeny středem stožáru, takže odpadají další průřechy střešní krytinou.

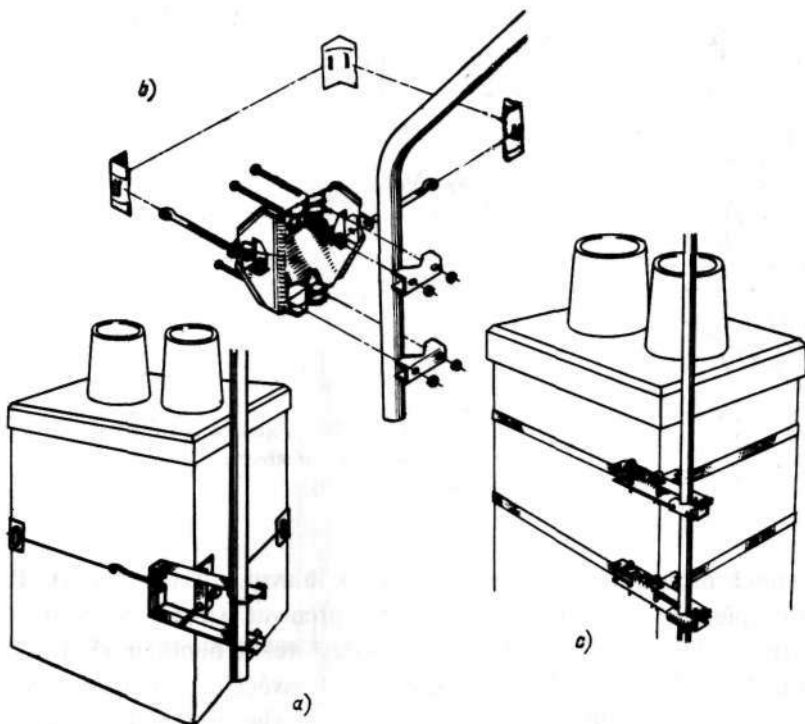


Obr. 176. Upevnění stožáru k trámové konstrukci valbové střechy

b) Upevnění stožáru ke komínu

Přípevnění stožáru ke komínu je zpravidla nouzové. Použitelný je pouze komín s ověřenou pevností. Zcela nevhodné jsou komíny topných systémů, z nichž vycházejí horké plyny. Ty svou agresivitou znehodnotí napáječ a později anténu.

Do konstrukce komínu nelze zasahovat. Přijatelné upevnění stožáru je na obr. 177.

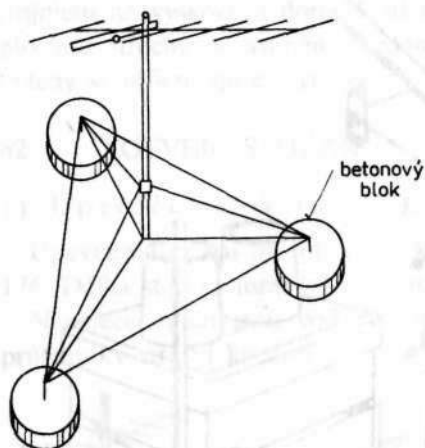


Obr. 177. Upevnění stožáru ke komínu bez narušení jeho konstrukce

c) Kotvení stožáru na ploché střeše

Z hlediska optimálního příjmu je výhodné umístit stožár poblíž středu střechy. To však vyžaduje, aby alespoň pata stožáru byla osazena do střešní konstrukce již při stavbě, protože dodatečný zásah do konstrukce střechy

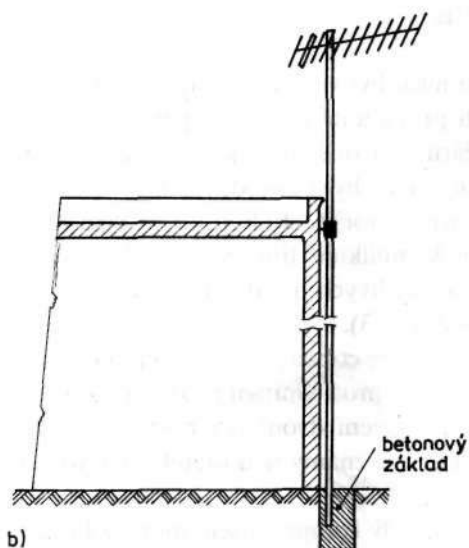
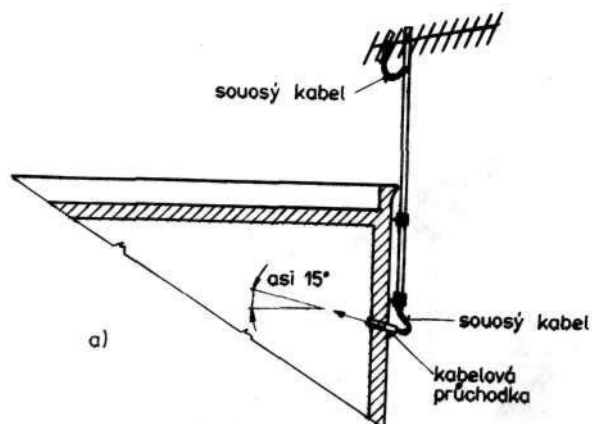
většinou vede k poškození střechy. Relativně nejmenším zásahem do konstrukce střechy je ukotvení stožáru pomocí troj nožky (obr. 178). Trojnožka je tvořena třemi betonovými bloky, volně položenými na střešní krytině. Je-li střecha kryta asfaltovou lepenkou, je třeba zabránit poškození její celistvosti. Osvědčilo se složit betonové bloky z několika desek, přičemž nejnižší deska je překryta pásem lepenky přilepeným ke krytině.



Obr. 178. Trojnožka pro umístění stožáru na plochou střechu

Druhou možností je připevnit stožár k hlavní zdi (obr. 179). Při tomto způsobu kotvení může dojít k přenosu vibrací stožáru do konstrukce domu, což je při větrném počasí velmi nepříjemné. U přízemních nebo jednopodlažních staveb se osvědčila montáž stožáru uvedená na obr. 179b. Stožár je ukotven ve vlastním betonovém základu, spojení s budovou nenese jeho hmotnost, a může být tedy vhodně tlumeno.

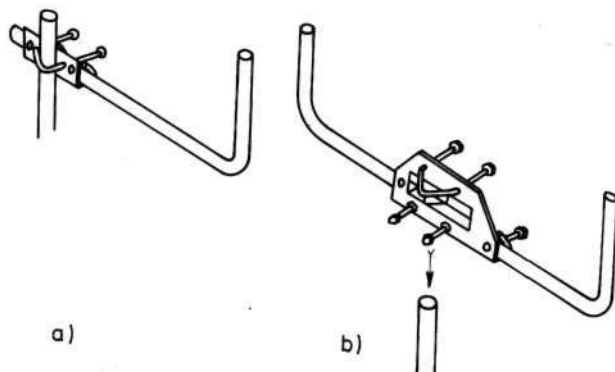
Průchodka pro napáječe antén v obvodovém zdivu by měla být vedena šikmo, protože tím se zabrání zatékání vody. Při umístění stožáru uprostřed střechy děláme průchody napáječů střešní konstrukcí pouze v krajním případě.



Obr. 179. Uchycení stožáru ze strany budovy

63. NOSNÍK PRO VYLOŽENÍ ANTÉNY MIMO OSU STOŽÁRU

Při instalaci většího počtu antén na jeden stožár lze použít výložné rameno. Jeho použití je nezbytné u svisle polarizovaných antén. Konstrukce nosníku je na obr. 180.



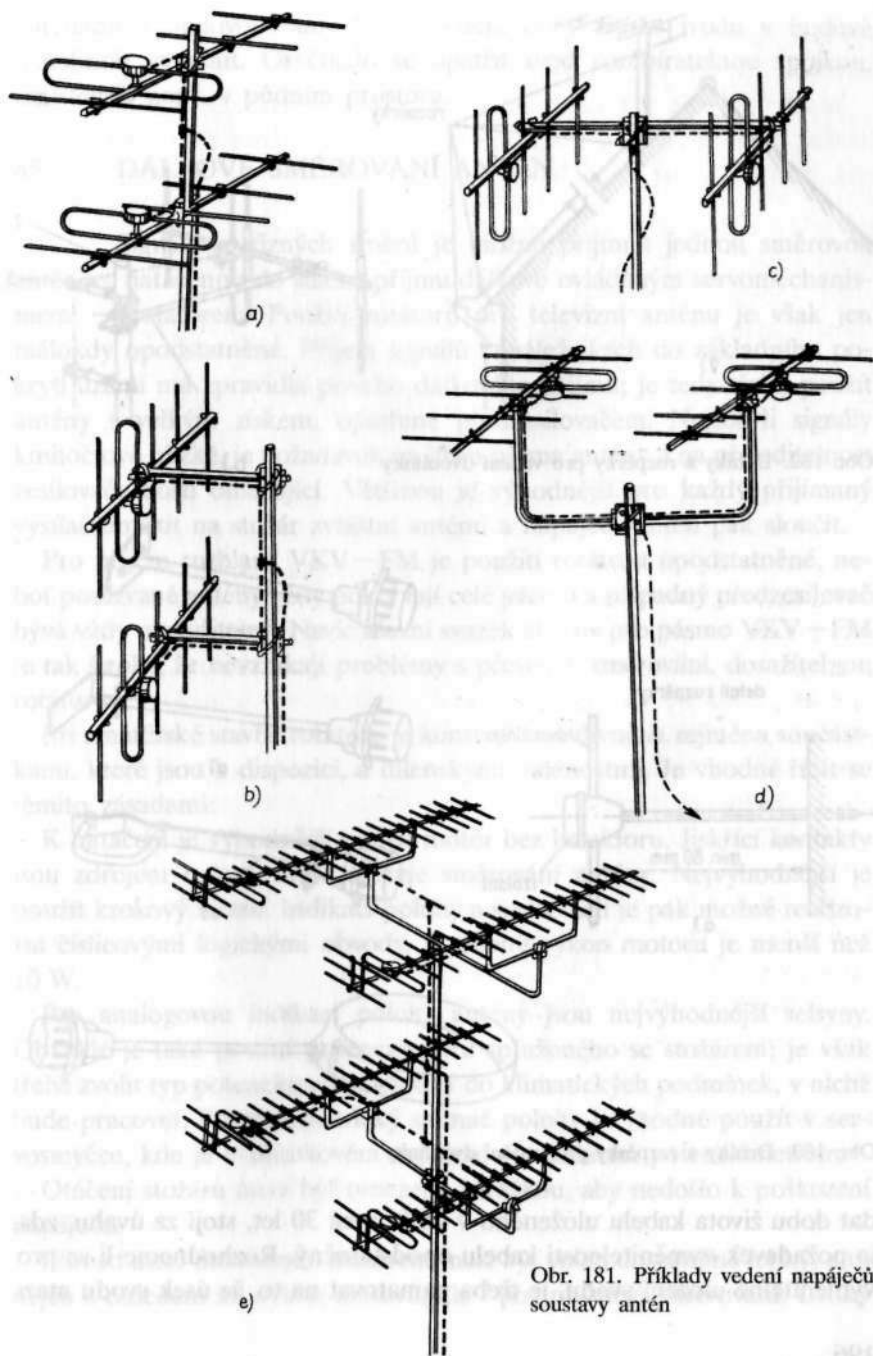
Obr. 180. Nosník pro vyložení antény mimo osu stožáru

64. INSTALACE NAPÁJEČE

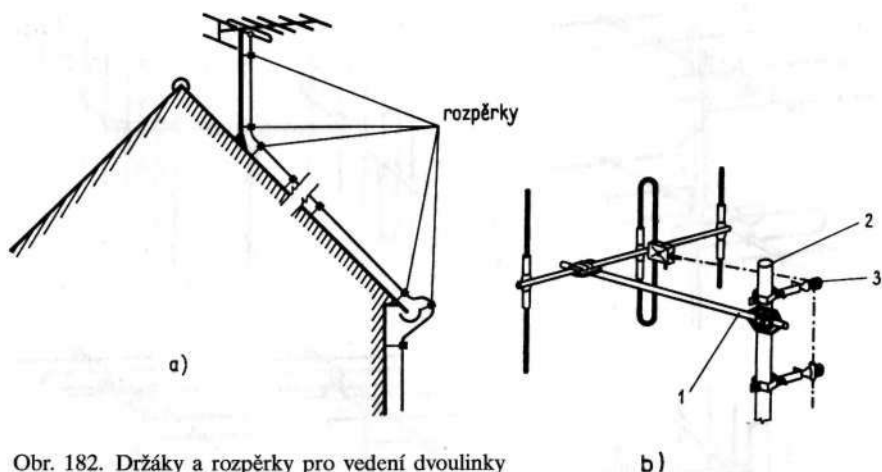
Napáječ je vodič, a proto musí být veden tak, aby nedeformoval elektromagnetické pole v blízkosti prvků antény. Vždy by měl být veden podél ráhna antény a podél stožáru. Na obr. 181 jsou příklady vedení napáječe u složitějších soustav, u nichž by nevhodným vedením bylo možné přepokládaný příjem výrazně zhoršit. Je-li použito symetrické nestíněné vedení, situace se dále komplikuje tím, že je třeba dodržet minimální vzdálenost napáječe od vodivých předmětů. K tomu jsou určeny rozpěrky a držáky (obr. 182 a 183).

Dvoulinka vystavená větru může kmitat, což často vede k jejímu mechanickému poškození. Odolnost dvoulinky proti kmitání se zvětší, je-li mezi jednotlivými úchyty překroucena. Skroucení dvoulinky rovněž zmenšuje indukci rušivých signálů do svodu, což je známý nedostatek dvouvodičového vedení.

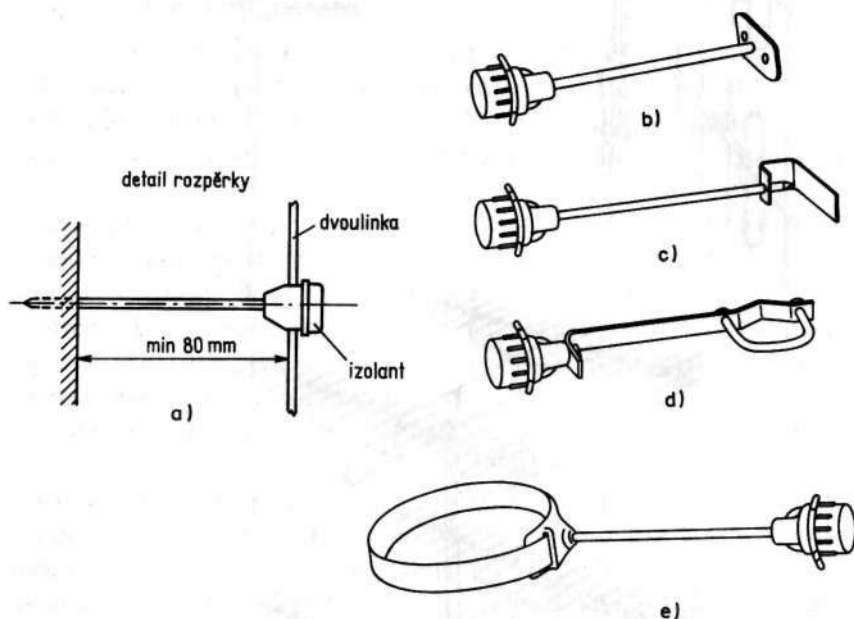
Vedení dvoulinky k přijímači bude vždy kompromisem mezi elektrickými požadavky a mechanickou proveditelností. Souosý kabel je možné uložit do běžných elektroinstalačních trubek nebo přímo pod omítku nebo ho přichytit na povrch stěn. Uložení v instalační trubce má oproti uložení do omítky výhodu v tom, že je možné napáječ vyměnit. Aby tato výměna byla reálná, nesmějí být na trase trubek ostřejší ohyby, které manipulaci znemožňují. Je třeba respektovat skutečnost, že je-li kabel zatahován nepřiměřenou silou, dochází k nepřijatelným deformacím a tedy k impedančním nehomogenitám. Vzhledem k tomu, že lze předpoklá-



Obr. 181. Příklady vedení napáječů
soustavy antén



Obr. 182. Držáky a rozpěrky pro vedení dvoulinky



Obr. 183. Držáky a rozpěrky pro vedení dvoulinky

dat dobu života kabelu uloženého v omítce asi 30 let, stojí za úvahu, zda je požadavek vyměnitelnosti kabelu opodstatněný. Rozhodneme-li se pro vyměnitelné uložení svodu, je třeba pamatovat na to, že úsek svodu mezi

anténami a budovou bude třeba během doby života svodu v budově několikrát vyměnit. Osvědčilo se opatřit svod rozebíratelnou spojkou, umístěnou např. v půdním prostoru.

65. DÁLKOVÉ SMĚROVÁNÍ ANTÉN

Signály z různých směrů je možné přijímat jednou směrovou anténou, natáčenou do směru příjmu dálkově ovládaným servomechanismem — rotátorem. Použití rotátoru pro televizní anténu je však jen málokdy opodstatněné. Příjem signálů nenáležících do základního pokrytí území má zpravidla povahu dálkového příjmu; je tedy třeba použít antény s velkým ziskem, opatřené předzesilovačem. Nejsou-li signály kmitočtově blízké, je požadavek na šířku pásma antény a na přeladitelnost zesilovače dosti omezující. Většinou je výhodnější pro každý přijímaný vysílač umístit na stožár zvláštní anténu a napáječe antén pak sloučit.

Pro příjem rozhlasu VKV - FM je použití rotátoru opodstatněné, neboť používané antény vždy pokrývají celé pásmo a případný předzesilovač bývá vždy přeladitelný. Navíc hlavní svazek antény pro pásmo VKV — FM je tak široký, že nevznikají problémy s přesností směrování, dosažitelnou rotátorem..

Při amatérské stavbě rotátoru je konstrukce ovlivněna zejména součástkami, které jsou k dispozici, a dílenskými možnostmi. Je vhodné řídit se těmito zásadami:

K natáčení je výhodnější použít motor bez kolektoru. Jiskřící kontakty jsou zdrojem rušení, které ztěžuje směrování antény. Nejvýhodnější je použít krokový motor. Indikaci polohy a směrování je pak možné realizovat číslicovými logickými obvody. Potřebný výkon motoru je menší než 10 W.

Pro analogovou indikaci polohy antény jsou nejvýhodnější selsyny. Obvyklé je také použití potenciometru spřaženého se stožárem; je však třeba zvolit typ potenciometru vhodný do klimatických podmínek, v nichž bude pracovat. Potenciometrický snímač polohy je vhodné použít v servosmyčce, kde je v můstkovém zapojení s ovládacím potenciometrem.

Otáčení stožáru musí být omezeno zárázkou, aby nedošlo k poškození napáječů.

Převod mezi motorem a stožárem musí být volen dostatečně lehký, a to nejen s ohledem na výkon motoru, ale i pro přesnější směrování. Lehký

převod navíc klade větší odpor samovolnému natáčení antény. Správně navržený převod by měl být samosvorný.

Motor by měl být napájen bezpečným napětím (36 V). Není-li to možné, musí být přívod k motoru izolován proti silové síti transformátorem zkoušeným na 2 500 V.

VI. ANTÉNNÍ MĚNIČE A PŘEDZESILOVAČE

V mnoha případech je napětí na svorkách antény příliš nízké pro požadované použití, a tedy výkon dodávaný do svodu je příliš malý. Důvodem jsou buď velké energetické ztráty v rozvodu (dlouhý svod, napájení většího počtu účastníků), nebo malá intenzita signálu v místě příjmu. Potom je možné použít vhodný anténní zesilovač (předzesilovač). V prvním případě spočívá důraz na výstupním výkonu zesilovače, ve druhém jsou rozhodující jeho šumové vlastnosti. Omezení vyplývající z šumového čísla zesilovače je zásadní. Je naprosto nesprávné kompenzovat zesilovačem malý zisk antény. Nasazení předzesilovače je opodstatněné, je-li současně použita anténa nebo anténní soustava s velkým ziskem.

Pro názornost zopakujeme některé skutečnosti z čí. 12, důležité při použití zesilovače. Podmínkou kvalitního příjmu je, aby do demodulátoru přijímače přicházel signál s patřičným odstupem šumu. Není-li již na svorkách antény dostatečný odstup signálu od šumu, nelze situaci zlepšit použitím zesilovače. Ten zesiluje i šum, takže odstup signálu od šumu se nezlepší. Při průchodu signálu zesilovačem (nebo vstupním dílem televizoru) přibude k signálu ještě vlastní šum zesilovače. Velikost tohoto šumu je úměrná šumovému číslu zesilovače. Z toho vyplývá, že poměr signálu k šumu se nezhorší, je-li úroveň vlastního šumu zesilovače zanedbatelná v porovnání s úrovní šumu v signálu. Je tedy žádoucí, aby zesilovač zpracovával signály dostatečné úrovně. Pro přesné stanovení míry šumu kaskády předzesilovač — napáječ — přijímač lze použít graf na obr. 184. Veličina a_m označuje šum přivedený na vstup přijímače. Stanoví se z míry šumu předzesilovače a_{PI} , jeho zesílení A a ztrát v napáječi L podle vztahu

$$a_{PII} = a_{PI} + A - L \quad (\text{db})$$

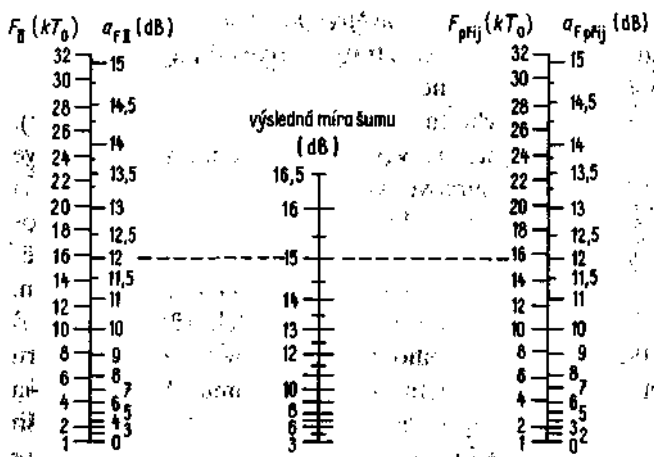
Použití grafů ukážeme na příkladech.

Na obr. 184 je čárkovaně vyznačeno řešení pro hodnotu $a_{PI} = 6$ dB, zesílení 18 dB a ztráty v napáječi 12 dB, tedy $a_{PII} = 12$ dB. Je-li míra šumu přijímače také 12 dB, vyjde výsledná míra šumu soustavy 15 dB.

Je vidět, že útlum svodu by se měl soustředit do míst, kde je dostatečná úroveň signálu. To je jeden z důvodů, proč má být předzesilovač umístěn co nejbližší u antény (pokud možno přímo na jejích svorkách).

Druhým důvodem pro umístění předzesilovače u antény je snaha omezit projevy impedančního nepřizpůsobení zesilovače k anténě.

Z obr. 184 vyplývá, že kvalitní předzesilovač s malým šumovým číslem může vylepšit příjem i v případě, že signál je slabý, že televizor neposkytne uspokojivý obraz, ani když je umístěn přímo u antény (neuplatňují se ztráty ve svodu). Šumové vlastnosti kaskády předzesilovač — vstupní



Obr. 184. Graf pro určení míry šumu kaskády dvou zesilovačů

díl televizoru závisejí především na předzesilovači a ten lze zhotovit tak, že má menší šumové číslo než vstupní díl.

Poněkud jiná je situace u rozhlasu pro pásma VKV—FM. Vstupní díly přijímačů VKV—FM jsou zpravidla tak kvalitní, že použití předzesilovače je oprávněné jen ke krytí ztrát v napájecí.

U zesilovačů pro napájení větších rozvodů (společné televizní antény) jsou požadavky odlišné. Přijímaný signál má zpravidla dostatečnou úroveň a úkolem zesilovače je dodat patřičný výkon do rozvodu. Zde je obvyklé umísťovat soustavu zesilovačů do klimaticky vhodného prostředí (např. půdní prostory) i za cenu větší vzdálenosti vedení nezesíleného signálu.

Druhou zvláštností zesilovačů pro společnou anténu je kmitočtová konverze signálů ze IV. a V. televizního pásma do I. a III. televizního pásma, kde útlum vnesený součástmi rozvodu je podstatně menší. U individuálních antén je použití konvertoru opodstatněné jen v některých případech dálkového příjmu.

Šumové číslo, šířka přenášeného pásma a linearita jsou navzájem úzce související parametry, podstatné pro použití zesilovače.

Nelinearita přenosové charakteristiky zesilovače ve svých důsledcích zhoršuje kvalitu zesilovaného signálu, zejména intermodulačním zkreslením a křížovou modulací. Intermodulace je vzájemné směřování jednotlivých harmonických signálů vlivem nelinearity, takže na výstupu zesilovače se objeví i kmitočty v původním signálu neobsazené.

Křížová modulace je směšování signálu s jinými rušivými signály přicházejícími na vstup zesilovače.

Kdyby byla přenosová charakteristika zesilovače čistě kvadratická (ideální směšovač), zůstala by přenášená informace nenarušena. Ke zkreslení signálu však dojde vždy. V obrazu se křížová modulace projeví tak, že na pozadí přenášeného obrazu je patrný obraz z jiného vysílače. Nejsou-li synchronizační impulsy rušeného i rušivého signálu shodné, pohybuje se rušivý obraz po obrazovce. Patrné bývají zejména pruhy způsobené zatemňovacími impulsy. Na křížové modulaci je zvláště základné to, že míra zkreslení není jednoduše úměrná poměru mezi intenzitami rušeného a rušivého signálu. Nejlepším prostředkem, jak zabránit křížové modulaci, je omezení šířky pásma zesilovače (a antény) tak, aby do aktivních prvků zesilovače přicházel pouze přijímaný signál.

Dalším důvodem pro použití úzkopásmového zesilovače je, že šumové číslo zesilovače je úměrné šířce přenášeného pásma. Dále má na šumové vlastnosti zesilovače vliv jeho vstupní tranzistor a šumové přizpůsobení tranzistoru.

Pro uspokojivou funkci musejí být vstupní impedance i výstupní impedance zesilovače takové, aby činitel stojatého vlnění při připojení na napáječ nebo na anténu nepřekročil hodnotu $\sigma = 2$, a to v celém přenášeném pásmu.

Zesílení zesilovače je údaj podstatný pro energetickou bilanci, ale není rozhodujícím faktorem při volbě zesilovače. Při individuálním příjmu se obvykle nepožaduje větší zesílení než 20 dB a tomu běžné zesilovače vyhoví.

67. TRANZISTORY PRO ZESILOVAČE

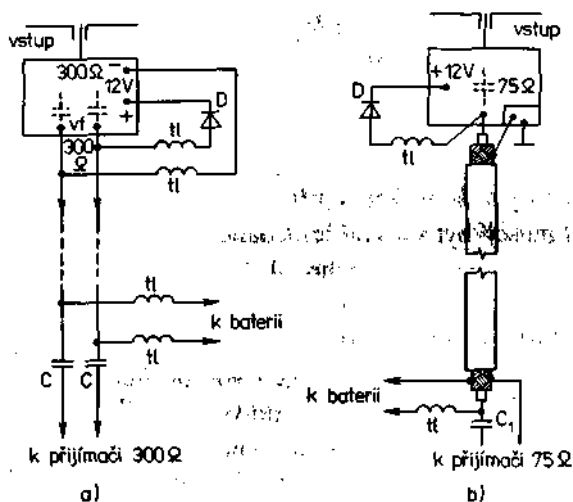
Nejběžněji používané tranzistory jsou křemíkové bipolární tranzistory. Stále více se však začínají uplatňovat tranzistory řízené elektrickým polem (FET, MOSFET). Prvořadými požadavky na tranzistor jsou: malé šumové číslo a vysoký tranzitní kmitočet (nad 1 000 MHz). U zesilovačů s větší šířkou pásma přistupuje požadavek lineární nebo přesně kvadratické převodové charakteristiky a konstantní vstupní impedance s malou reaktancí.

Tranzistory řízené elektrickým polem se od bipolárních tranzistorů liší — vstupní a výstupní impedancí — u tranzistorů FE je až o tři řády vyšší,

- větší strmostí — 4 000 S a více při kmitočtu 600 MHz.
- malým šumovým číslem — pod $1,5kT_0$,
- přesně kvadratickou převodovou charakteristikou,
- citlivostí na předpětí a statickou elektřinu,
- relativně nižšími tranzitními kmitočty.

68. NAPÁJENÍ ZESILOVAČŮ

Napájecí napětí se pohybuje od 10 do 12 V, někdy bývá 24 V nebo i 36 V. Typický proud jednotranzistorového kanálového zesilovače je 2 mA, pásmového zesilovače asi 40 mA. Proud 2 mA lze s výhodou

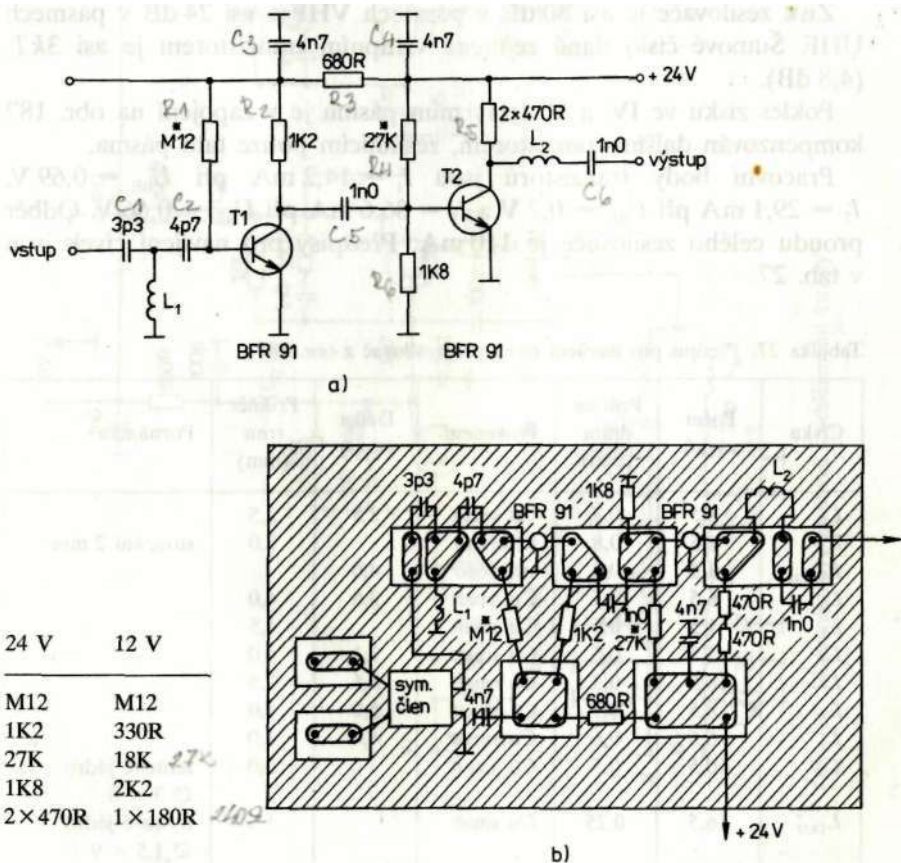


Obr. 185. Napájení anténního předzesilovače pro vysokofrekvenční vedení

krýt z baterií a pro větší odběr je již nezbytné použít zdroj napájený ze sítě. Pro přívod napájecího napětí lze použít vf napáječ, dvoulinku i souosý kabel. Oddělení zesilovače a přijímače od stejnosměrného napětí a zdroje od vf energie je znázorněno na obr. 185.

69. JEDNODUCHÝ ŠIROKOPÁSMOVÝ ZESILOVAČ

V mnoha případech je možné použít širokopásmový zesilovač, aniž se nežádoucí signály rušivě projeví. Z dlouhé řady existujících zapojení vybíráme dva typické představitelé s poměrně snadno dostupnými tranzistory.



Obr. 186. Jednoduchý širokopásmový zesilovač

Jednoduchý zesilovač se dvěma tranzistory BFR 91 je na obr. 186a. Na obr. 186b je uspořádání součástek na desce plošných spojů. Součástky označené tečkou (.) jsou umístěny ze strany měděné fólie. Rezistory označenými hvězdičkou se nastavuje pracovní bod tranzistorů. Jejich hodnoty musejí být takové, aby tranzistorem T1 procházel proud 7 mA při napětí $U_{CE} = 7$ V a tranzistorem T2 proud 17 mA při napětí $U_{CE} = 8$ V. Při ožívování zesilovače je třeba pomalu zvyšovat napájecí napětí a sledovat proud procházející do zesilovače. Připojení nenastaveného zesilovače na plné napájecí napětí často vede ke zničení tranzistorů.

V zápojem jsou použity dvě cívky; cívka L_1 je tvořena 1,75 závitů z drátu Cu smalt s průměrem 0,5 mm na průměru 3 mm, cívka L_2 má tři závity z drátu Cu smalt s průměrem 0,2 mm na průměru 1,5 mm.

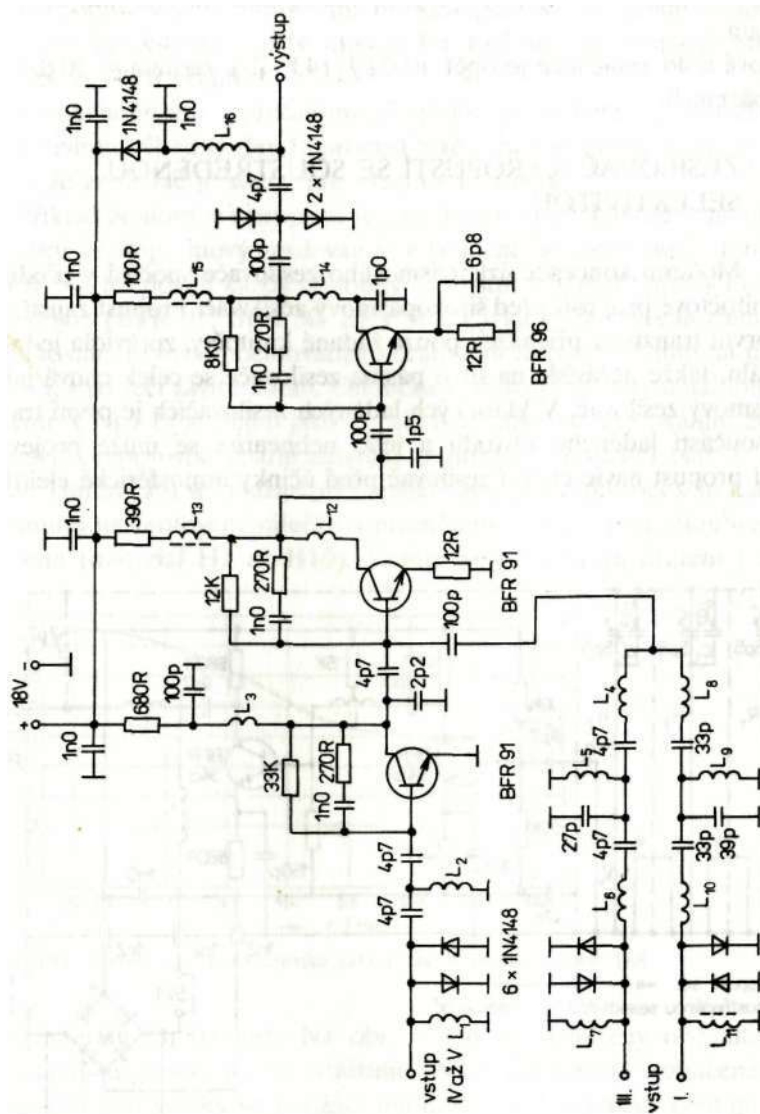
Zisk zesilovače je asi 30 dB v pásmech VHF a asi 24 dB v pásmech UHF. Šumové číslo dané zejména vstupním tranzistorem je asi $3kT_0$ (4,8 dB).

Pokles zisku ve IV. a V. televizním pásmu je v zapojení na obr. 187 kompenzován dalším tranzistorem, zesilujícím pouze tato pásma.

Pracovní body tranzistorů jsou $I_1 = 14,2$ mA při $U_{BE} = 0,69$ V, $I_2 = 29,1$ mA při $U_{BE} = 0,7$ V a $I_3 = 86,6$ mA při $U_{BE} = 0,66$ V. Odběr proudu celého zesilovače je 110 mA. Předpisy pro navíjení cívek jsou v tab. 27.

Tabulka 27. Předpis pro navíjení cívek pro zesilovač z obr. 187

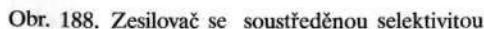
Cívka	Počet závitů	Průměr drátu (mm)	Provedení	Délka (mm)	Průměr trnu (mm)	Poznámka
L_1	3,5	0,3	Cu smalt	2,5	2,5	stoupání 2 mm
L_2	1,5	0,8	stříbřeno		3,0	
$L_{3,12,14}$	1,5	0,8	stříbřeno	4,0		
L_4	6,5	0,5	Cu smalt	3,6	4,0	
L_5	1,5	0,5	Cu smalt		4,5	
L_6	5,5	0,5	Cu smalt	3,1	4,0	
L_7	18,5	0,3	Cu smalt	8,5	2,5	
L_8	8,5	0,5	Cu smalt	5,0	4,0	
L_9	6,5	0,6	Cu smalt	4,4	4,0	
L_{11}	10,5	0,5	Cu smalt		3,0	feritové jádro Ø 3 × 8 feritové jádro Ø 1,5 × 9
$L_{13,15}$	16,5	0,25	Cu smalt		1,5	
L_{16}	18,5	0,3	Cu smalt	8,5	2,5	



Obr. 187. Širokopásmový zesilovač s oddělenými vstupy

Šumové číslo zesilovače je opět asi $3kT_o$ (4,8 dB), zesílení je 30 dB ve všech pásmech.

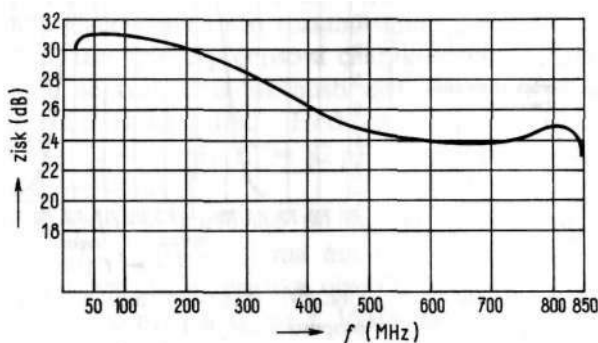
Moderní koncepce úzkopásmového zesilovače spočívá v předřazení kmitočtové propusti před širokopásmový zesilovač. Propust zajistí, že již na první tranzistor přicházejí pouze žádané kmitočty, zpravidla jednoho kanálu, takže nezávisle na šířce pásma zesilovače se celek chová jako úzkopásmový zesilovač. V klasických laděných zesilovačích je první tranzistor součástí laděného obvodu a jeho nelinearita se může projevit. Vstupní propust navíc chrání zesilovač před účinky atmosférické elektřiny.



Jistou nevýhodou zesilovače s propustí se soustředěnou selektivitou je nepatrně horší šumové číslo, než jaké by bylo dosažitelné s použitým tranzistorem v jiném zapojení, protože předřazená propust vnáší i na jmenovitém kmitočtu jistý útlum. Při realizaci je zhoršení šumových vlastností ještě přijatelné.

Pro amatérskou i průmyslovou výrobu je zesilovač se soustředěnou selektivitou výhodný tím, že propust a zesilovač je možné nastavit odděleně a že zesilovač je stejný pro všechny kmitočty.

Příklad zesilovače s propustí se soustředěnou selektivitou je na obr. 188. Vlastní širokopásmový zesilovač je v běžném zapojení; místo tranzistoru BFR 34a lze použít každý obdobný tranzistor s lineární převodní charakteristikou (BFR 91, BFR 30, BFY 90). Cívka L_1 je tvořena třemi závitů smaltovaného nebo pocínovaného drátu s průměrem 0,8 mm na průměru 4 mm, s roztečí závitů 2 mm. Odbočka je uprostřed, tedy u jednoho a půl závitů. Cívka L_2 je stejná jako L_1 ale bez odbočky. Tvarováním cívky lze upravit přenosovou charakteristiku zesilovače, optimální tvar je na obr. 189. Tlumivka t_1 se použije při napájení zesilovače po sousosém kabelu. Je navinuta na feritovém válečku s průměrem 2 až 2,5 mm, dlouhém 12 až 15 mm (materiál H1 až H10). Vinutí tvoří 15 závitů drátem Cu smalt

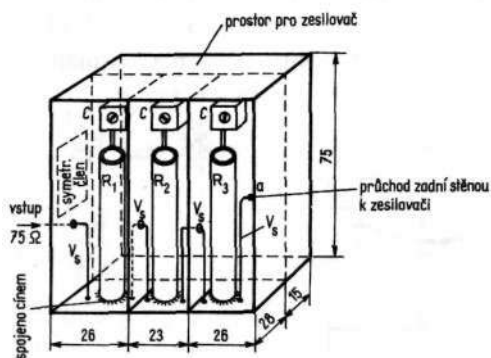


Obr. 189. Přenosová charakteristika samotného zesilovače z obr. 188

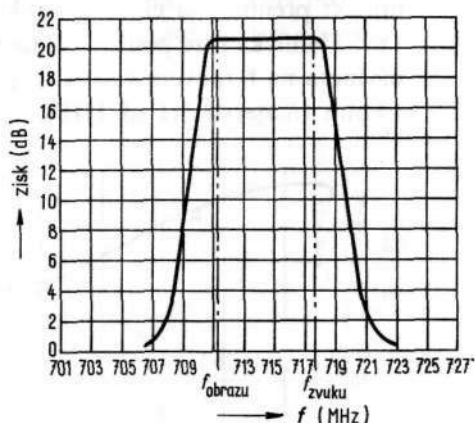
s průměrem asi 0,6 mm. Na obr. 188 jsou naznačeny obě alternativy — napájení po svodu i po zvláštním vodiči. Čárkovane vyznačené blokování výstupní svorky se použije, má-li zesilovač sklon ke kmitání.

Uspořádání propusti pro jeden kanál z rozsahu kanálů č. 21 až 60 je na obr. 190. Krabice s rozměry 75 X 75 X 43 mm je vyrobena z pocínovaného plechu s dostatečnou tuhostí (vhodný je také plátovaný Cuprexít). Při

použití Cuprexitu musejí být přepážky z oboustranně plátovaného materiálu. V zadní části krabice je prostor pro umístění zesilovače, v přední části jsou rezonátory z tenkých měděných trubek s vnějším průměrem asi 9 až 10 mm. Povrch trubek by měl být pocínovaný nebo alespoň natřený ochranným lakem (po pečlivém vyleštění). Nastavitelné kondenzátory musí být co nejvyšší kvality (vzduchové dielektrikum), maximální kapacita je 5,5 pF. Jestliže kapacita kondenzátorového trimru na nižších kmitočtech nestačí, zvětší se připojením paralelního kondenzátoru. Délka rezonátorů je 50 mm. Rezonátory musejí být mechanicky stabilní. Lze je pájet natupo, ale lepším uchycením je prostrčit trubky těsnými otvory ve stěně a připájet je z obou stran. Trubky musejí být umístěny přesně ve středech komůrek. Vazbu mezi rezonátory zprostředkují vazební smyčky V_s z pocínovaného nebo měděného smaltovaného drátu s průměrem 0,6 mm. V přepážkách jsou ve výšce asi 22 mm otvory pro průchod vazebních smyček.



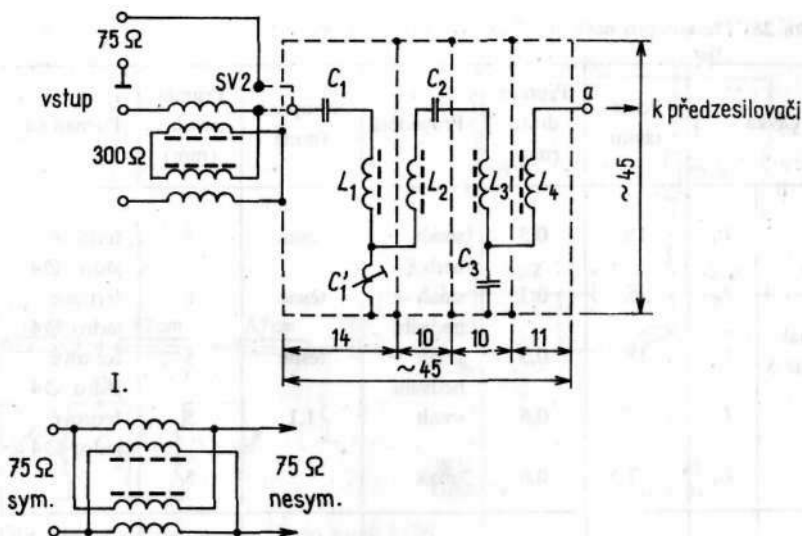
Obr. 190. Konstrukce propustí pro kanály IV. a V. televizního pásma



Obr. 191. Přenosová charakteristika propustí z obr. 190

Nastavení propustí se nejlépe provede pomocí rozmítaného generátoru a osciloskopu. Jednotlivé rezonátory naladíme a vazbu mezi nimi upravíme tak, aby přenosová charakteristika propustí měla tvar uvedený na obr. 191. Útlum vnesený propustí je asi 0,8 dB na kmitočtu 500 MHz a asi 1,2 dB na kmitočtu 800 MHz.

Pro kmitočty I. až III. televizního pásma již nelze použít dutinové rezonátory a propust je osazena vinutými cívkami (obr. 192). Krabice má



Obr. 192. Propust s obvody LC pro kanály I. až III. televizního pásma

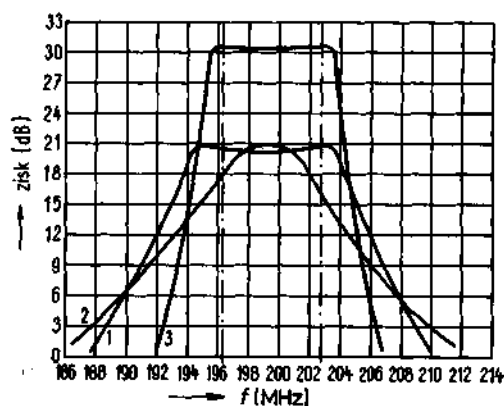
stejný tvar jako u propustí UHF, rozměry však mohou být díky vinutým cívkám menší. Předpis pro navíjení cívek je v tab. 28. Vazební cívka L' se ladí stlačováním nebo roztahováním závitů. Čím je indukčnost cívky L větší, tím širší je přenosová charakteristika. Charakteristika druhého obvodu se tvaruje indukčností cívky L_3 ; čím je větší, tím je přenosová charakteristika užší. Hodnoty kapacit jsou pro pásmo VHF $C_1 = C_2 = 15 \text{ pF}$, $C_3 = 82 \text{ pF}$ a pro pásmo UHF $C_1 = C_2 = 12 \text{ pF}$ a $C_3 = 48 \text{ pF}$.

Propust se nastavuje po částech. Přenosová charakteristika obvodu $L_1 - L_2$ s cívkou L' má mít tvar znázorněný křivkou 1 na obr. 193, přenosová charakteristika obvodu $L_3 - L_4$ s kondenzátorem C_2 má mít tvar znázorněný křivkou 2. Výsledná přenosová charakteristika propusti je označena 3.

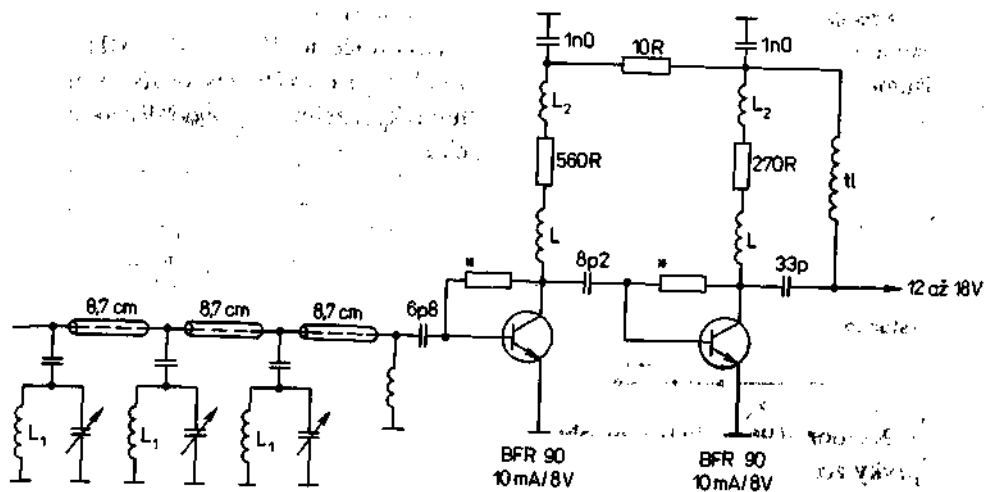
Při dálkovém příjmu je v řadě případů vhodné realizovat na vstupu zesilovače zádrž odstraňující silný signál místního vysílače. Příklad zesilovače pro pásmo UHF s odlaďovačem 26. kanálu je na obr. 194. Indukčností jsou tvořeny 2,5 závity drátu o průměru 0,8 mm, navinutými na trnu o průměru 3 mm. Tlumivka má 20 závitů drátu o průměru 0,5 mm na trnu o průměru 3 mm. Odpory rezistorů označených hvězdičkou je třeba nastavit tak, aby tranzistory procházel jmenovitý proud. Zisk zesilovače ve IV. a V. televizním pásmu je 20 dB, šumové číslo je 3,5 dB.

Tabulka 28. Předpis pro navíjení cívek pro propust z obr. 192

Cívka		Počet závitů	Průměr drátu (mm)	Provedení	Stoupání (mm)	Průměr trnu (mm)	Poznámka
kanál č. 1 až 5	L_1	15	0,3	smalt – hedvábí	těsně	5	feritové jádro Ø4
	L_2	15	0,3	smalt – hedvábí	těsně	5	feritové jádro Ø4
	L_3	15	0,3	smalt – hedvábí	těsně	5	feritové jádro Ø4
	L_4	3	0,6	smalt	1,1	5	feritové jádro Ø4
	L_5	1,5	0,6	smalt	2,2	5	feritové jádro Ø4
kanál č. 6 až 12	L_1	6	0,6	smalt	těsně	5	feritové jádro Ø4
	L_2	6	0,6	smalt	těsně	5	feritové jádro Ø4
	L_3	6	0,6	smalt	těsně	5	feritové jádro Ø4
	L_4	2	0,8	smalt	2,8	5	feritové jádro Ø4
	L_5	1	0,6	smalt		5	feritové jádro Ø4



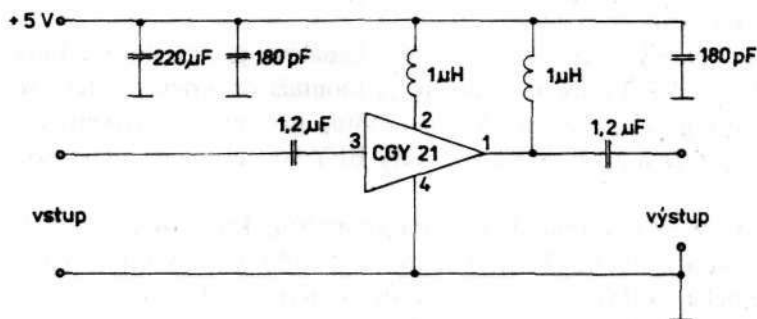
Obr. 193. Přenosové charakteristiky jednotlivých stupňů propustí



Obr. 194. Zesilovač se zádrží pro kanál č. 26

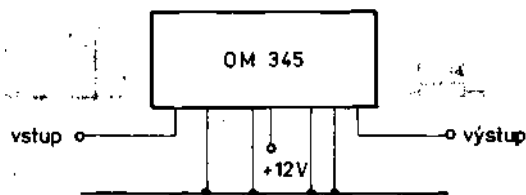
71. INTEGROVANÉ OBVODY

Bouřlivý rozvoj technologie integrovaných obvodů zasáhl i oblast vysokofrekvenčních zesilovačů. Na trhu se objevilo mnoho monolitických i hybridních integrovaných zesilovačů s malým šumem. Integrace součástek na jeden substrát umožňuje dosáhnout lepšího vzájemného přizpůsobení jednotlivých prvků, než jaká je dosažitelná diskrétními součástkami. Výsledkem je velmi dobrá linearita širokopásmových zesilovačů a samozřejmě i malé šumové číslo.



Obr. 195. Zapojení monolitického zesilovače CGY 21

Příkladem monolitického zesilovače FE Ga As je typ CGY 21 (Siemens) na obr. 195. Kmitočtový rozsah zesilovače je 40 až 1 000 MHz, šumové číslo je $2,7kT_0$, zesílení je 20 dB. Vnější obvody zesilovače jsou omezeny na přívod napájecího napětí; tlumivky a zejména přívod do bodu 2 musejí mít minimální parazitní kapacitu.



Obr. 196. Hybridní zesilovač řady OM

Na obr. 196 je hybridní obvod řady OM firmy Valvo. Zde již vnější prvky zcela odpadají, rozměry jsou 30 X 10 X 3 mm. Kmitočtový rozsah je opět do 1 GHz, šumové číslo je menší než $3kT_0$ (4,8 dB).

72. PRŮMYSLOVĚ VYRÁBĚNÉ ZESILOVAČE

Ve výrobním programu podniku TESLA je ucelená řada zesilovačů s příslušenstvím pro společné televizní antény, označená TESÁ — S. Základní kanálové zesilovače v pásmech UHF a měniče kmitočtu v pásmech UHF jsou určeny pro zesílení dostatečně silných signálů pro další rozvod. Důraz je kladen na stavebnicovou koncepci, možnost přímého sloučení výstupních signálů, snadnou regulaci zisku a mechanickou robustnost. Šumové číslo je menší než $10kT_0$. Kromě kanálových zesilovačů je v základní řadě také širokopásmový zesilovač ZTF 130 pro celé pásmo VHF. Praktické zkoušky prokázaly, že je použitelný i jako další zesilovač v kaskádě v rozsáhlém rozvodu.

Součástí soustavy TESÁ — S jsou také kanálové předzesilovače řady ZKD. Tyto předzesilovače jsou určeny k montáži do krabice, která se upevní na stožár poblíž antény. Vstup i výstup jsou proto nesymetrické, 75Ω . Zesilovače jsou osazeny tranzistory BFY 90; technické údaje jsou v tab. 29.

Přímo na anténu se do standardní krabice umísťují kanálové předzesilovače TAPT 01 a TAPT 03 (TESLA 4926A a 4928A). Jejich vstup a výstup jsou symetrické, 300Ω . TAPT 01 má stejnoměrně oddělený výstup, je možné jej bez dalších úprav napájet svodem. Technické údaje jsou v tab. 30.

Tabulka 29. Technické údaje kanálových předzesilovačů TESLA ZDK

Typ	ZDK 11	ZDK 21	ZDK 31	ZDK 41	ZDK 51
Televizní pásmo	I.	II.	III.	IV.	V.
Zisk (dB)	≥ 22	≥ 22	≥ 22	≥ 22	≥ 22
Míra šumu (dB)	≤ 6	≤ 6	≤ 6	≤ 6,5	≤ 8,5
Činitel stojatého vlnění na vstupu	≤ 1,6	≤ 1,6	≤ 1,6	≤ 1,7	≤ 1,7
Činitel stojatého vlnění na výstupu	≤ 1,7	≤ 1,7	≤ 1,7	≤ 1,8	≤ 1,8
Maximální výstupní úroveň (dBμV)	95	100	108	90	90
Odběr proudu při 24 V (mA)	9	9	9	18	18

Tabulka 30. Technické údaje předzesilovače TESLA TAPT

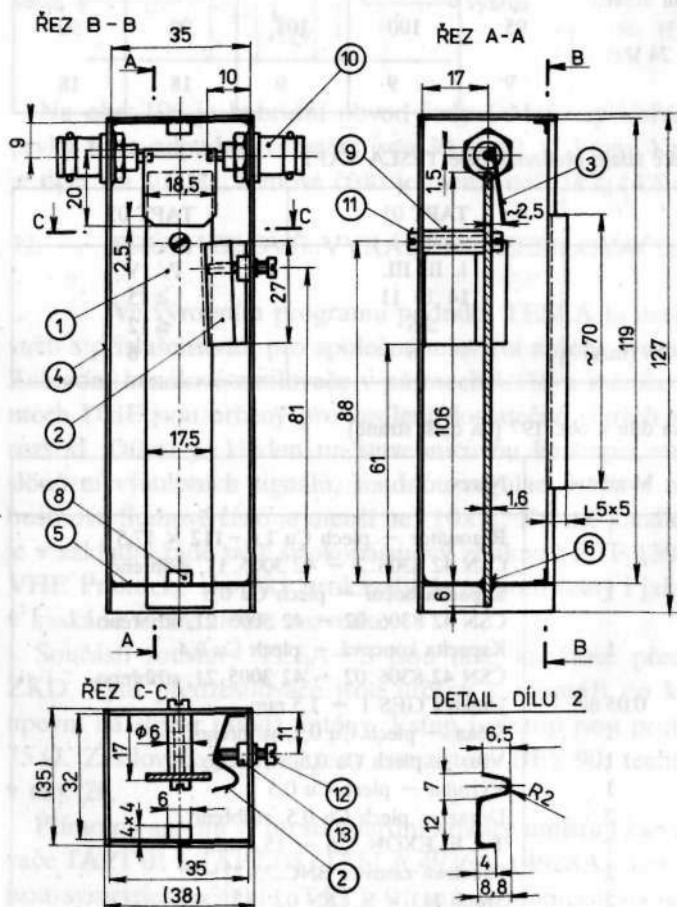
Typ	TAPT 01	TAPT 03
Televizní pásmo	I. II. III.	IV. V.
Zisk (dB)	14 13 11	≥ 15
Míra šumu (dB)	≤ 6	≤ 12
Odběr proudu při 9V(mA)	6	6

Tabulka 31. Rozpiska dílů k obr. 197 (na další straně)

Díl	Množství	Název
1	1	Rezonátor – plech Cu 1,6–112 × 17,5 ČSN 42 8306.2 – 42 3005.11, stříbřeno
2	1	Kapacita boční – plech Cu 0,5 ČSN 42 8306.02 – 42 3005.21, stříbřeno
3	1	Kapacita koncová – plech Cu 0,4 ČSN 42 8306.02 – 42 3005.21, stříbřeno
4	0,05 m ²	Umatex GES 1 – 1,5 mm
5	1	Stěna – plech Cu 0,5, stříbřeno
6	1	Víko – plech Cu 0,5, stříbřeno
7	1	Výztuha – plech Cu 0,5
8	2	Doraz – plech Cu 0,5, stříbřeno
9	1	Tvč ELEXON Ø6 – 15,4 mm
10	2	Panelová zásuvka BNC 75 22–7
11	2	Šroub M3 × 5, ČSN 02 1131.89
12	1	Šroub M3 × 14, ČSN 02 1131.89
13	1	Matice lemovací M3 × 2

73. ODLAĐOVAČ RUŠIVÝCH SIGNÁLŮ

Při dálkovém příjmu může nastat situace, že kmitočtově blízký signál je natolik silný, že strmost křivky propustnosti použitého zesilovače a selektivnost antény jsou nedostatečné. Osvědčilo se zařadit do cesty signálu odladovač — kmitočtovou zadrž, laděnou na rušivý kmitočet. Ve IV. a V. televizním pásmu je možné s výhodou použít modifikaci souosého dutinového rezonátoru. Na obr. 197 je výkres rezonátoru laděného na kanál č. 26, rozpiska dílů je v tab. 31.



Obr. 197. Odladovač z dutinového souosého rezonátoru

VII. DRUŽICOVÝ PŘÍJEM

74. ZÁKLADNÍ POJMY

Vysílání televizního a rozhlasového signálu z družic představuje kvalitativně vyšší službu ve srovnání s vysíláním pozemní sítě vysílačů. Individuální příjem družicových signálů je možný a je jisté, že v budoucnosti význam družicového vysílání dále vzroste.

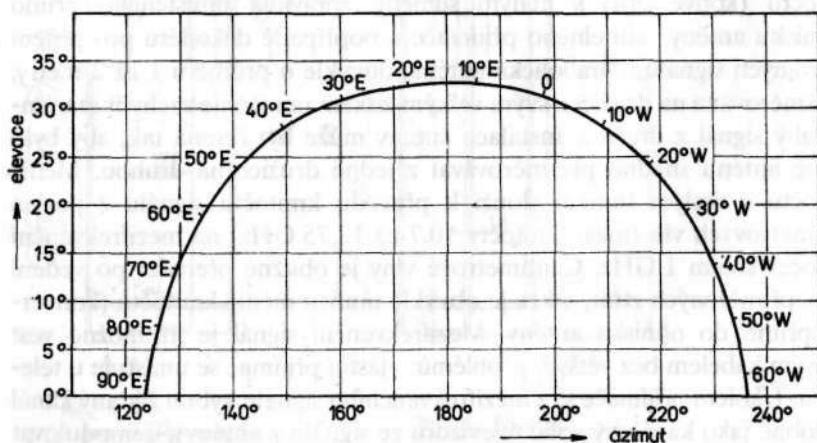
Přijem družicových signálů představuje rozsáhlou škálu nových problémů, které musejí zájemci o družicový příjem řešit. Rozdíly oproti pozemnímu vysílání vyplývají z odlišného kmitočtového pásma, vyžadujícího speciální anténu a přijímač.

Zařízení pro družicový příjem se skládá z parabolické antény, měniče kmitočtů (konvertoru) s malým šumem, zpravidla umístěného přímo v ohnisku antény, laditelného přijímače a popřípadě dekodéru pro příjem kódovaných signálů. Parabolická anténa, obvykle o průměru 1 až 2 metry, je nasměrována na družici a svým velkým ziskem umožňuje zachytit extrémně slabý signál z družice. Instalace antény může být řešena tak, aby bylo možné anténu snadno přesměřovávat z jedné družice na druhou. Měníč kmitočtů s malým šumem slouží k převodu kmitočtu signálu z pásma centimetrových vln (mezi kmitočty 10,7 až 12,75 GHz) na mezifrekvenčním kmitočet kolem 1 GHz. Centimetrové vlny je obtížné přenášet po vědem bez nepřiměřených ztrát, takže je obvyklé umístit měnič kmitočtů (konvertor) přímo do ohniska antény. Mezifrekvenčním signál je již možné vést souosým kabelem bez větších problémů; vlastní přijímač se umísťuje u televizoru. Úkolem přijímače je z mezifrekvenčního signálu vybrat žádaný kanál (podobně jako kanálový volič televizoru ze signálu z antény), demodulovat kmitočtově modulovaný signál, oddělit obrazovou a zvukovou informaci a předat je do televizoru. Spojení televizoru s přijímačem je možné buď signály v základním pásmu (video, audio), nebo vysokofrekvenční cestou. Většina přijímačů je vybavena modulátorem AM.

Některé signály družicové pevné služby jsou kódovány, aby se zabránilo neautorizovanému příjmu. Příslušný dekodér se pak zařazuje mezi přijímač a televizor, dekódování probíhá na úrovni obrazového signálu. Stejným způsobem se zařazuje transkodér MAC — PAL.

75. INSTALACE ANTÉNY

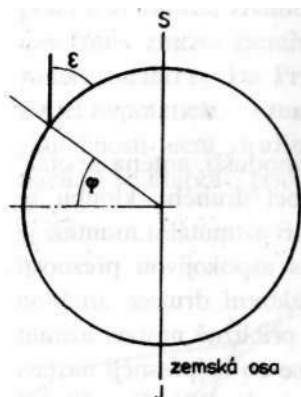
Družice jsou rozmístěny na geostacionární dráze, tj. na kružnici o poloměru 42 165 km, ležící v rovině rovníku. Jednoznačným údajem určujícím polohu družice na geostacionární dráze je zeměpisná délka bodu na rovníku, nad kterým se nachází. Například pozice družice ASTRA je 19°E nebo jinak +19°; zeměpisná délka roste směrem na východ. Protože přijímací anténa je umístěna na zemském povrchu, tedy mimo zemskou osu, je na poloze družice závislý nejenom azimut, ale i elevace antény. Největší elevace je k družicím umístěným nad poledníkem, na němž se přijímač nachází (pro 50° severní šířky vychází elevace 32,5°), elevace ubývá se vzrůstající vzdáleností družice od místního poledníku, až pro vzdálenost asi 80° je družice již pod obzorem. Rozumná mez použitelné elevace je asi 15°. Viditelný oblouk geostacionární dráhy je znázorněn na obr. 198, azimuty a elevace antény pro některé družice jsou v tab. 42.



Obr. 198. Viditelný oblouk geostacionární dráhy z místa 14 E 30, 50 N 05 (Praha)

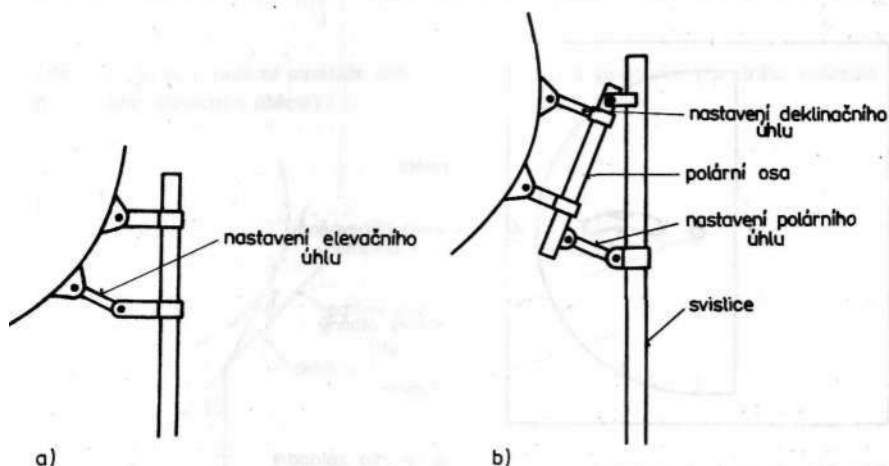
Současně s azimutem a elevací antény se při směřování mění i sklon polarizační roviny přijímaného signálu, což je v případě lineární polarizace používané v DPS podstatné. Elektrické pole vertikálně polarizované vlny má směr rovnoběžný se zemskou osou. Elevace rovnoběžky se zemskou osou je doplňkem zeměpisné šířky do 90°, jak je vidět na

obr. 199. Sklon polarizace antény musí odpovídat úhlu, pod kterým se rovnoběžka se zemskou osou jeví při pohledu na družici. Při azimutu antény 180° , tedy přesně na jih, je vertikální polarizace skutečně svislá, při azimutu 90° nebo 270° by (teoreticky) odklon vertikální polarizace byl roven zeměpisné šířce, tj. 50° . Nutnost korigovat polarizační úhel při změně azimutu antény byl jedním z důvodů volby kruhové polarizace pro DRS.



φ - zeměpisná šířka
 ε - elevace

Obr. 199. Elevace rovnoběžky se zemskou osou



Obr. 200. a) Azimutální montáž antény, b) polární montáž antény

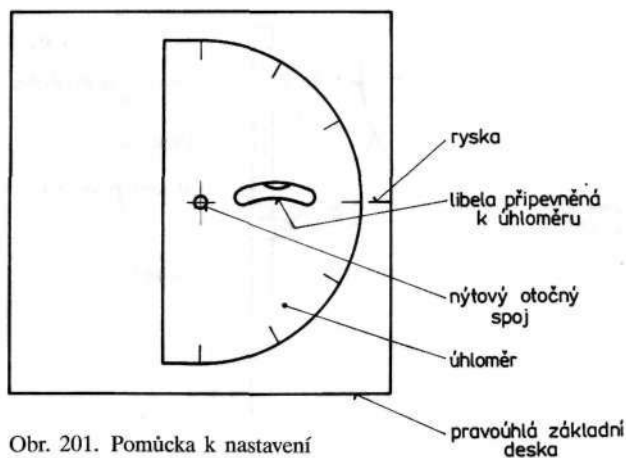
76. ZPŮSOBY MONTÁŽE ANTÉNY PRO DRUŽICOVÝ PŘÍJEM

Požadavek směrování antény na družice na různých pozicích geostacionární dráhy klade značné nároky na řešení uchycení antény, směrování na družice na různých pozicích vyžaduje změnu azimutu i elevace svazku antény.

Na obr. 200a je znázorněna azimutální montáž, na obr. 200b je polární montáž.

77. AZIMUTÁLNÍ MONTÁŽ

Azimutální montáž je konstrukčně nejjednodušší, anténa se otáčí kolem svislé osy v horizontální rovině a pomocí druhého kloubu se nastavuje její elevace. Správná orientace antény při azimutální montáži je poměrně jednoduchá, svislost osy otáčení lze s uspokojivou přesností dodržet i při použití primitivních pomůcek. Nalezení družice anténou s azimutální montáží je jednoduché. Nejprve se přibližně nastaví azimut antény na požadovanou hodnotu. V této pozici se co nejpřesněji nastaví elevace. Vhodná pomůcka k měření elevace je na obr. 201. Dosažitelná přesnost je kolem 1° , což je při průměru antény do tří metrů dostačující. Jemnými pohyby v azimutu v rozsahu asi $\pm 5^\circ$ je již možné zachytit signál družice a podle jeho velikosti, indikované měřidlem v místě antény

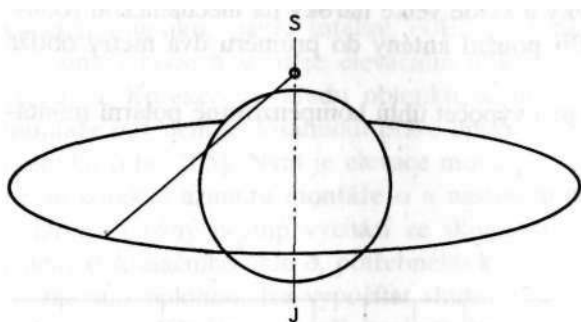


Obr. 201. Pomůcka k nastavení elevačního úhlu antény

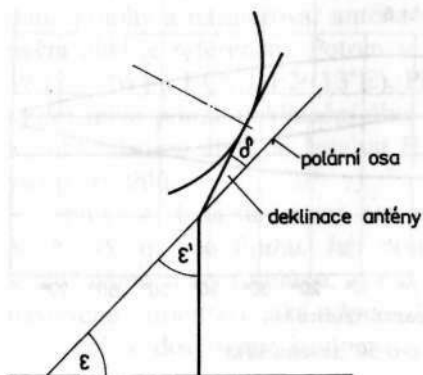
(S — metr), anténu definitivně dosměrovat. Jednoduchost směřování je ale zaplácena nutností změny obou nastavovacích prvků při změně zamíření antény.

78. POLÁRNÍ MONTÁŽ

Požadavek automatické změny zamíření antény vedl k aplikaci polární montáže, známé z techniky optické astronomie. Polární montáž umožňuje změnu zamíření antény v širokém rozsahu změnou jediného nastavovacího prvku. Princip polární montáže osvětluje obr. 202, znázorňující hypotetickou situaci, kdy je anténa umístěna na zemském pólu (ve skutečnosti není družice na geostacionární dráze z pólu dosažitelná, nachází se hluboko pod obzorem). Pro celou geostacionární dráhu je zde



Obr. 202. Princip polární montáže antény (z pólu je celá geostacionární dráha viditelná pod jedním elevačním úhlem)



Obr. 203. Základní prvky polární montáže

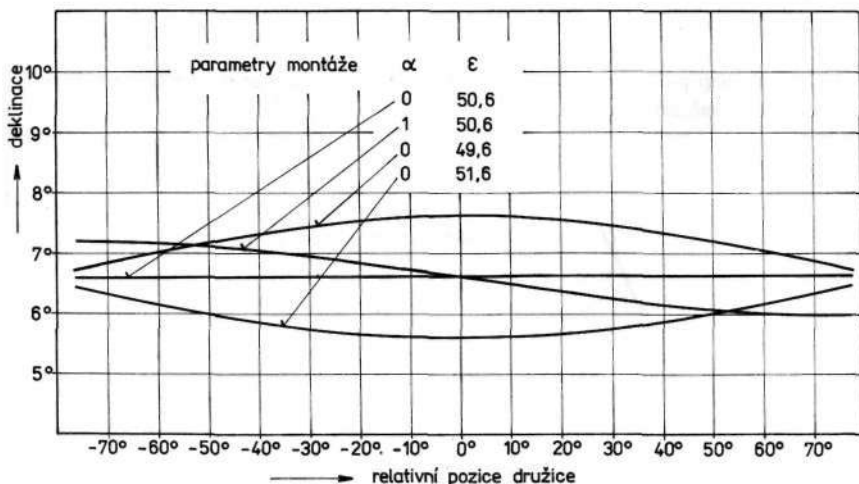
stejná elevace antény, přesměrování znamená jenom změnu azimutu. Mimo zemské póly nemůže obdobná situace nastat, ale při orientaci osy montáže antény rovnoběžně se zemskou osou lze s dostatečnou přesností obsáhnout podstatný úsek geostacionární dráhy.

Základní prvky polární montáže jsou na obr. 203. Osa montáže má elevační úhel ε . Jeho doplněk ε' je vlastně odchylkou směru zemské osy od svislice; platí tedy $\varepsilon' = 90^\circ - \varphi$, $\varepsilon = \varphi$, kde φ je zeměpisná šířka místa instalace. Deklinační úhel δ je korekce elevace svazku (v příkladu na zemském pólu je úhel δ roven elevaci). Azimutální úhel polární montáže je samozřejmě roven 0° . Anténa v polární montáži se otáčí kolem osy $A - A'$.

Chyba způsobená „přenesením“ polární montáže mimo zemský pól se projeví jistou nepřesností v nasměrování. Tu je ale možné kompenzovat změnou úhlů δ a ε . Polární montáž je obtížně realizovatelná s anténami, jejichž svazek je příliš úzký a klade velké nároky na mechanickou robustnost anténní montáže. Při použití antény do průměru dva metry obtíže nenastávají.

Nejjednodušší vzorec pro výpočet úhlů kompenzované polární montáže je

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \varphi + 0,7 \sin \varphi \\ \delta &= 6,7^\circ \\ \alpha &= 0^\circ\end{aligned}$$



Obr. 204. Přesnost zamření polární montáže pro 50° severní šířky

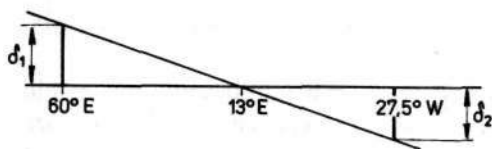
Příklad přesnosti zamíření pro Prahu ($\varepsilon = 50,6^\circ$) je na obr. 204. Je vidět, že při dodržení přesnosti nastavení montáže 1° nepřekročí chyba zamíření obvyklou šířku anténního svazku.

Největší obtíží při instalaci polární montáže je určení požadovaných úhlů s dostatečnou přesností. Zatímco chybu určení severu u azimutální montáže lze eliminovat po nasměrování první družice, nesprávně nastavený úhel α může orientaci polární montáže znemožnit. Obecně lze říci, že polární montáž vyžaduje mnohem větší zkušenost ve srovnání s montáží azimutální.

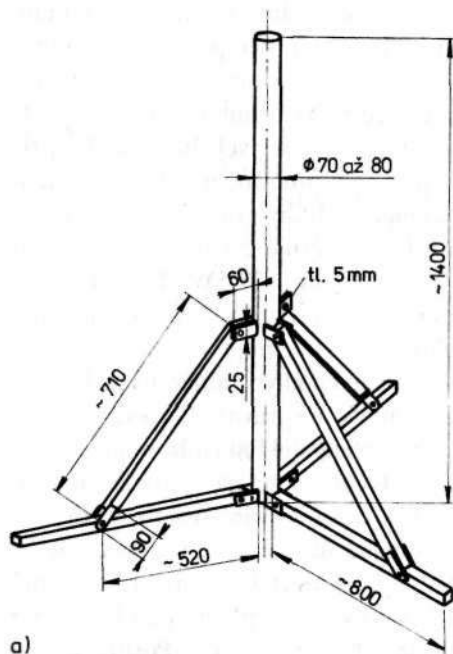
Osvědčený postup orientace polární montáže je sice poněkud zdoluhavý, ale spolehlivě vede k cíli. Postup vyžaduje opakovaně směřovat anténu na různé družice. Je proto výhodné, jestliže montáž antény umožní snadnou změnu nastavovacích prvků a indikaci nastavených hodnot. Po přibližném nastavení polární montáže se anténa nasměruje na družici blízkou středu požadovaného bloku geostacionární dráhy; obvyklá je některá z družic Eutelsat. Pak se anténa střídavě směřuje na družice na obou koncích oblouku, např. Intelsat 60E a Intelsat 27,5W. Dosemřování v krajních bodech se děje elevačním úhlem montáže ε a deklinačním úhlem δ . Korekce ve středu oblouku se uskutečňuje změnou azimutu montáže α . Cílem je dosáhnout právě opačných chyb zaměření na krajích oblouku (obr. 205). Nyní je elevace montáže ε správná. Následuje závěrečná korekce azimutu montáže α a nastavení deklinačního úhlu δ .

Druhý možný postup vychází ze skutečnosti, že na základě znalosti změny deklinačního úhlu δ , potřebného k dosemřování antény na družici se známou polohou, lze vypočítat skutečné úhly ε a α . Oprava polohy polární montáže je pak při znalosti její skutečné orientace relativně snadná. Tabulka 41 v příloze uvádí hodnoty ε a α platné pro Prahu při využití signálu družic Intelsat E, Intelsat W a ECS 1-F2. Postup určení úhlů je následující: Nejprve je třeba ustavit polární montáž do předpokládané polohy a nasměrovat anténu na Intelsat E (60°E). Výsledný deklinační úhel je referenční. Potom se anténa nasměruje na družici Intelsat W ($27,5^\circ\text{W}$) a ECS 1-F2 (13°E). Při tomto směřování se z nastavovacích prvků mění pouze deklinační úhel δ . Velikosti změn úhlu δ , vztaženého k deklinačnímu úhlu na Intelsat E, udávají v tab. 41 skutečné hodnoty všech tří úhlů.

Tabulka 41 byla stanovena pro zeměpisné souřadnice antény 14 E 30, 50 N 05, tj. pro Prahu. Její použití pro anténu v jiném místě vede k chybnému určení úhlů α , ε a δ . Je-li ale montáž podle těchto údajů nastavena s orientací, jaká odpovídá souřadnicím 14 E 30, 50 N 05, chyba zamíření se dostatečně kompenzuje.



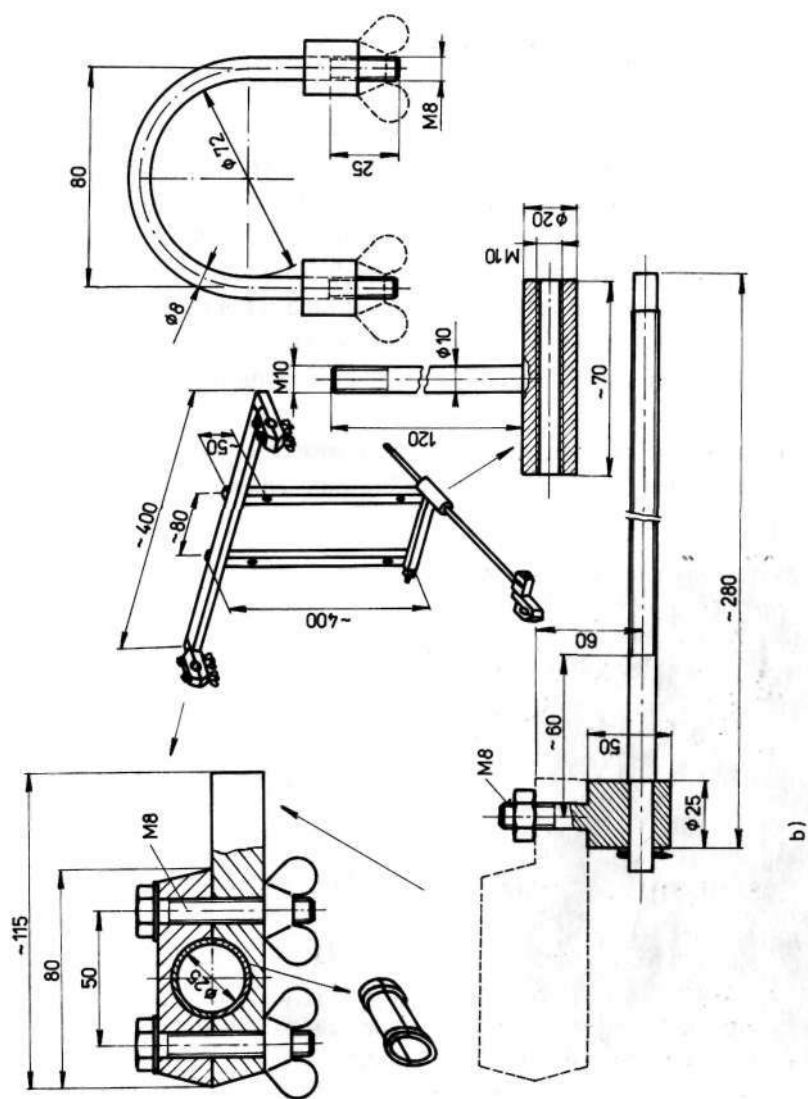
Obr. 205. Chyba zamíření při nastavování polární montáže



Obr. 206 a. Konstrukce azimutální montáže

79. KONSTRUKCE AZIMUTÁLNÍ MONTÁŽE

Azimutální montáž je výhodná z hlediska výroby a instalace. Základní nosný prvek je orientován svisle a při směřování se změnou azimutu nemění elevace a naopak. Nejjednodušší konstrukce, vhodná pro upevněnou anténu do průměru 2 m, je na obr. 206. Základní svislá trubka je upevněna buď k trojnožce, nebo přímo ke konstrukci budovy. Pomocí svorníků je k trubce připevněn držák umožňující nastavení elevace antény. Je výhodné tento prvek vybavit měřidlem, na němž lze odečíst elevaci. Nastavení azimutu se děje pootočením celého držáku po povolení svorníků. Nosnou trubku je dobré vybavit indikací azimutu.



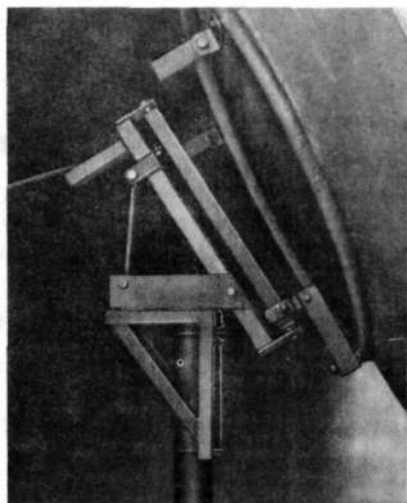
Obr. 206 b. Konstrukce azimutální montáže

Plocha parabolické antény je z hlediska sil vyvolaných větrem značná. Mechanická pevnost anténního stojanu a jeho stabilita má prvořadou důležitost.

80. KONSTRUKCE POLÁRNÍ MONTÁŽE

Princip polární montáže je popsán v či. 78. Při příjmu signálu z několika družic je polární montáž víceméně nutností. Osvědčená konstrukce je na obr. 207. Celý mechanismus je opět upevněn na svislé nosné trubce. Pomocná osa je upevněna v kluzných ložiscích, která musejí být dimenzována na poměrně velké tlaky, vyvozované reflektorem. Vzhledem k tomu, že natáčení antény není z hlediska opotřebení ložiska příliš časté a rychlost otáčení osy je malá, je vhodné uložení osy v teflonových vložkách.

Požadovaná přesnost orientace polární montáže vyžaduje pečlivou mechanickou konstrukci, umožňující definované změny nastavení jednotlivých prvků.

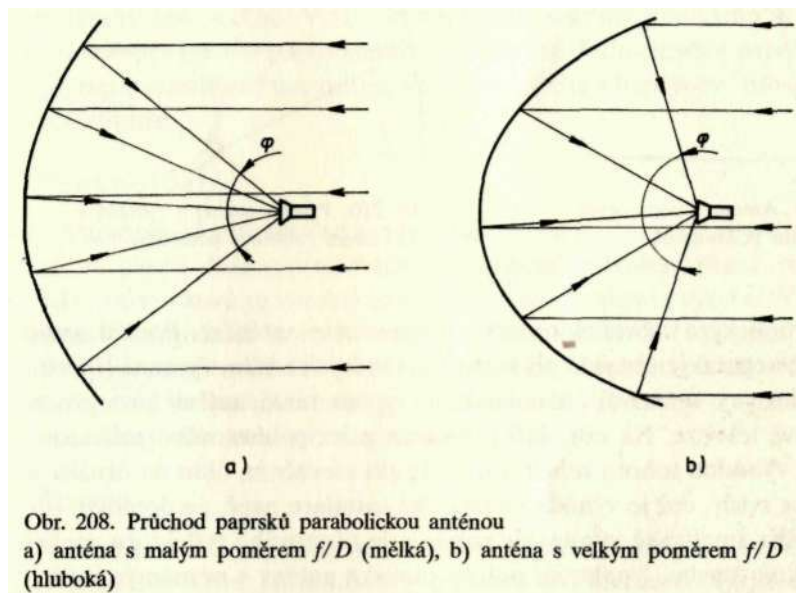


Obr. 207. Konstrukce polární montáže (část obr. v příloze)

Polární montáž antény bývá vybavena servomechanismem (aktuátorem) pro automatické směřování antény. Mechanismus je tvořen vzpěrou proměnné délky, obvykle dlouhým šroubem a maticí, s níž otáčí elektromotor (zpravidla 36 V).

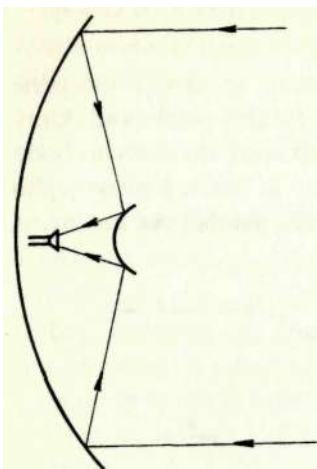
81. PARABOLICKÁ ANTÉNA

Pro příjem slabých mikrovlnných signálů se užívají výhradně reflektorové antény. Obvyklý tvar reflektoru je rotační paraboloid, který soustředí paprsky rovinné vlny, dopadající na jeho ústí, do jednoho bodu — ohniska (obr. 208). Zisk reflektorové antény je úměrný ploše jejího ústí. Na obr. 233 je vynesena závislost šířky svazku parabolické antény na jejím průměru.

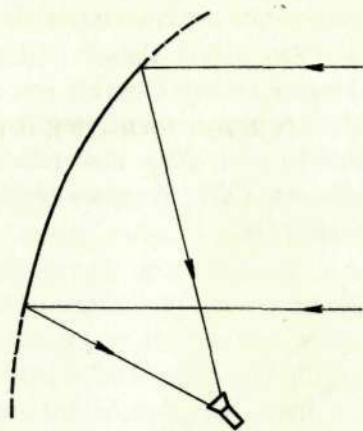


Tvar parabolické plochy je dán vzdáleností ohniska od vrcholu. V anténní technice se spíše než údaj o ohniskové vzdálenosti užívá poměr vzdálenosti ohniska / k průměru paraboloidu D . Veličina f/D plně charakterizuje tvar reflektoru. Typická hodnota f/D u antén pro individuální příjem z družic se pohybuje kolem 0,3. Čím je hodnota F/D menší, tím je reflektor hlubší. To je sice výhodné z mechanického hlediska, anténa s ozařovačem je kompaktní, ale velké zakřivení reflektoru přináší řadu obtíží a komplikuje se i konstrukce ozařovače, který musí vyzařovat do širokého úhlu.

Snaha po zmenšení vzdálenosti ozařovače od reflektoru vedla k anténám s pomocným reflektorem (na obr. 209 je anténa typu Cassegrain



Obr. 209. Anténa s pomocným reflektorem (Cassegrain)



Obr. 210. Princip antény s vyoseným reflektorem (ofsetová parabola)

s hyperbolickým subreflektorem) a k vyoseným anténám. Použití antén typu Cassegrain je obvyklé při konstrukci velkých antén, vyosené (ofsetové) reflektory se stávají dominantním typem malé antény pro příjem družicové televize. Na obr. 210 je ukázán princip ofsetového reflektoru. Velkou výhodou tohoto reflektoru je, že při elevačním úhlu na družici je reflektor svislý, což je výhodné z hlediska instalace např. na domovní zdi. Z hlediska amatérské výroby ale nesymetrie ofsetového reflektoru značně komplikuje stavbu. I nalezení polohy ohniska antény s neznámými parametry (u symetrické antény jednoduché) je u ofsetové antény obtížné.

Jistým problémem je provoz parabolické antény v zimním období. Námraza a napadaný sníh představují mechanické nebezpečí a zhoršují elektrické vlastnosti antény. Ofsetová parabola je díky svému sklonu výhodnější z hlediska usazování sněhu uvnitř reflektoru, ale zdrojem obtíží se stává ozařovač, který je zde mnohem více exponován. Luxusní antény proto mají vyhřívaný reflektor.

Vedle antén s parabolickým reflektorem se (zatím zřídka) objevují ploché antény, které soustředění paprsků dopadající vlny dosahují svou mikrostrukturou. Konstrukce plochých antén s dostatečnou plochou je velice nákladná a jejich užití pro příjem družicové televize není v současné době ekonomicky opodstatněné. Jiná situace asi nastane u příjmu číslico-

vého rozhlasového vysílání z družic, kde se předpokládá relativně malý zisk přijímacích antén realizovatelných například plochou anténou o ploše menší než 1 m^2 .

82. VÝROBA PARABOLICKÉ ANTÉNY

Amatérská výroba antény pro družicovou televizi je uskutečnitelná v kvalitě odpovídající profesionálním výrobkům, ale nároky na řemeslnou zručnost jsou značné. V této kapitole jsou shrnuty podstatné zkušenosti, získané při výrobě parabolického reflektoru. Jednoznačně nejvýhodnější postup samozřejmě neexistuje, vždy je ho třeba přizpůsobit individuálním podmínkám.

Technologie

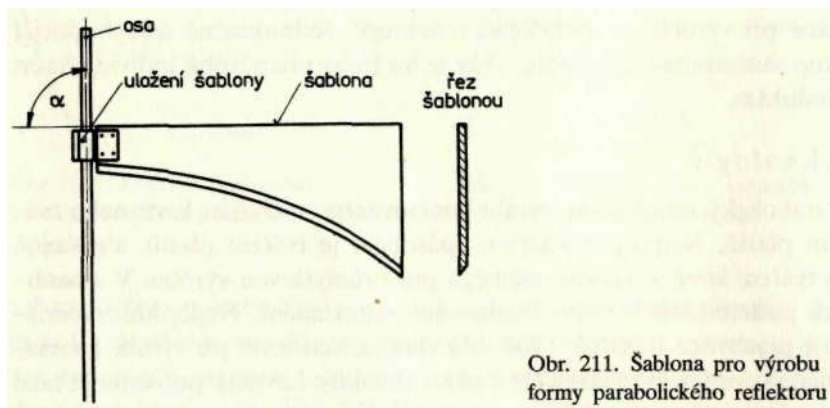
Parabolický reflektor se vyrábí laminováním, tvářením kovů nebo tvářením plastů. Nejprogresivnějším způsobem je tváření plastů, ale stejně jako tváření kovů je vhodný zejména pro průmyslovou výrobu. V amatérských podmínkách je volba laminování jednoznačná. Nejlepším materiálem je pryskyřice EPOXY 1200. Má vhodné vlastnosti při výrobě (pomalu tuhne) i ve finálním stavu (je lehká a stabilní). Levnější polyester je také použitelný, ale na slunci časem degeneruje.

Forma

Forma, na niž je pryskyřice nanášena, může být přenosná nebo stabilní. U přenosné formy je zásadním problémem její mechanická fixace. Není-li forma dokonale tuhá, má výsledný reflektor zborcený tvar a jeho elektrické vlastnosti jsou degradovány. Nebezpečí zborcení tvaru hrozí i při odvozování formy od jiné parabolické antény. Stabilní forma je tedy bezpečnější, ovšem za cenu komplikací s jejím umístěním.

Při výrobě formy je třeba nejprve vyrobit šablonu. Šablona je tvořena segmentem, otočně upevněným ke svisle vetknuté ose (obr. 211). Ideální je zhotovení šablony z ocelového plechu na číslicově řízené frézce. Požadovanou přesnost tvaru asi $0,3 \text{ mm}$ lze dodržet i ručním opracováním tvaru narýsovaného v souřadnicové síti $5 \times 5 \text{ mm}$. Otočné uložení šablony musí mít minimální vůli. Po uchycení šablony k ose je třeba pečlivě zkontrolovat správnost úhlu α mezi osou a šablonou, nejlépe odměřením vzdáleností od vodorovně napnuté pomocné struny.

Tělo formy je vhodné vytvořit z betonové směsi, povrch pak například ze směsi cementu a křídý, latexovým tmelem, stěrkou na vyrovnávání podkladových betonů. Pohodlného opracování povrchu lze dosáhnout zkoseným břitem šablony, který při otáčení jedním směrem ubírá materiál a v opačném směru povrch uhlazuje. Do vnitřku formy je třeba zabudovat rozvod vzduchu, např. polyetylenovými hadicemi ústícími na povrch. Bez rozvodu vzduchu je nemožné sejmut hotový reflektor bez poškození. Středová osa musí být samozřejmě řešena tak, aby ji bylo možné před laminováním vyjmout.



Obr. 211. Šablona pro výrobu formy parabolického reflektoru

Povrch formy musí být dokonale hladký, osvědčilo se jeho napuštění včelím voskem, rozpuštěným v benzínu. Po vyleštění povrchu je vhodné narýsovat na plochu síť poledníků a rovnoběžek. Ta při laminování prosvítá a usnadňuje orientaci. Vlastní separační vrstva se obvykle vytvoří pastou na parkety, PVA apod.

Skladba reflektoru

Postupně od povrchu formy se pokládá

- vrstva tenké tkaniny (100); problémy s finální úpravou zjednoduší přidání titanové běloby do pryskyřice;
- odrazná vrstva, tvořená segmenty hliníkové fólie (alobalu); fólie musí být dokonale odmaštěná, je vhodné ji lehce namořit v roztoku louhu;
- dvě vrstvy laminátu se silnější tkaninou (350); — po zaschnutí se na plochu uloží ocelová obruč se zhruba polovičním průměrem oproti reflektoru; doporučuje se obruč tepelně upravit vyžháním, aby při teplotních změnách nedeformovala reflektor;

- pásy tkaniny přes obruč, jedna vrstva dovnitř obruče;
- radikální výztuže od obruče k vnějšímu okraji, obvykle trubky 0 6 mm ze slitin hliníku;
- pásy tkaniny přes výztuže a mezi výztuže segmenty tkaniny.

Výsledná skořepina musí na formě řádně ztuhnout. Doba záleží na okolní teplotě a obvykle je kolem čtyř dnů. Sejmutí skořepiny z formy je nejlepší uskutečnit tlakem vzduchu z kompresoru do vzduchového rozvodu.

Odrazná vrstva

Odrazná vrstva antény je tvořena hliníkovou fólií pod první vrstvou laminátu. Jednotlivé segmenty fólie se musí překrývat, aby reflektorem mohl procházet vysokofrekvenční proud. Fólie může být perforovaná. Perforace z elektrického hlediska nevadí a umožní lepší spojení laminátových vrstev.

Odraznou vrstvu je také možné vlepít do hotového reflektoru, ale obvykle vznikají obtíže se vzduchovými bublinami pod fólií a s její časovou stálostí. Podobně je nestálá i plazmově nanesená vrstva kovu (šopování).

Vyhřívání reflektoru

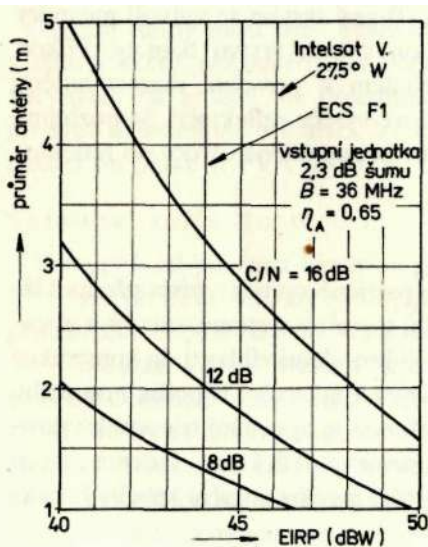
Problémy se sněhem a námrazou v zimním období odstraní zabudování topného systému do plochy reflektoru. Topný systém se vytvoří meandry topného drátu, uloženého mezi druhou a třetí vrstvu tkaniny. Příkon systému by měl být asi 200 W. Vzhledem k provozní elevaci antény postačuje uložit topný systém do třetinové výšece reflektoru. Samozřejmě je třeba při tvarování meandru respektovat zamýšlené otvory do reflektoru.

Mechanické detaily

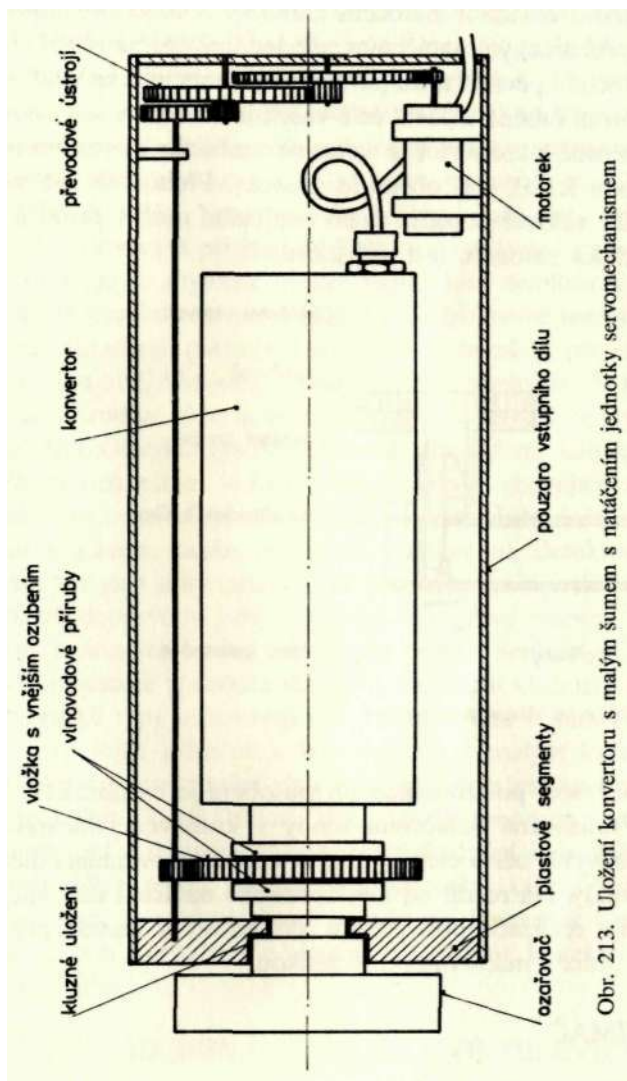
Při laminování reflektoru je žádoucí patřičně vyztužit místa předpokládaného namáhání, např. v místě vývodů topného systému, otvorů a upevňovacích prvků. Těsnost reflektoru proti pronikání vlhkosti do konstrukce je velmi důležitá. Pozornost je třeba věnovat upevnění tripodu, nesoucího konvertor v ohnisku antény. Častým řešením je upevnění tripodu k vyztužovací obruči. Tripod potom prochází otvory v reflektoru. Jeden z otvorů by měl být dimenzován tak, aby jím prošel mezifrekvenční kabel s konektorem.

Singál soustředěný parabolickým reflektorem do ohniska antény je zpracován konvertorem s malým šumem (LNC, vnější jednotka). Konvertor slouží k zesílení signálu v kmitočtovém pásmu 11 GHz a jeho převedení na mezifrekvenční kmitočet v pásmu zhruba 0,7 až 1,7 GHz. Základními parametry konvertoru jsou samozřejmě kmitočet místního oscilátoru (různý pro pásma DPS a DRS) a šumové číslo. Standardní hodnota šumového čísla je kolem 1,4 dB, kvalitní konvertory vykazují šumové číslo 1,2 dB, konvertory se šumovým číslem konvertoru a nutného průměru antény je na obr. 212.

K přenosu mikrovlnného signálu z ohniska antény do konvertoru slouží ozařovač (feeder). Jedná se o mikrovlnnou součástku, jejíž parametry musejí korespondovat s tvarem antény a se vstupním vedením konvertoru. Vstup konvertoru je standardizován (vlnovod R120). Reflektory různých výrobců mají parametr f/D různý v dosti širokém rozmezí, od 0,25 do 0,65. Je-li v reflektoru použit ozařovač pro jiný poměr f/D , dochází ke ztrátám signálu. Buď není využita celá plocha reflektoru, nebo naopak část energie přichází do ozařovače z oblasti mimo reflektor a zhoršuje poměr signálu k šumu. Důležité je také správné impedanční přizpůsobení.

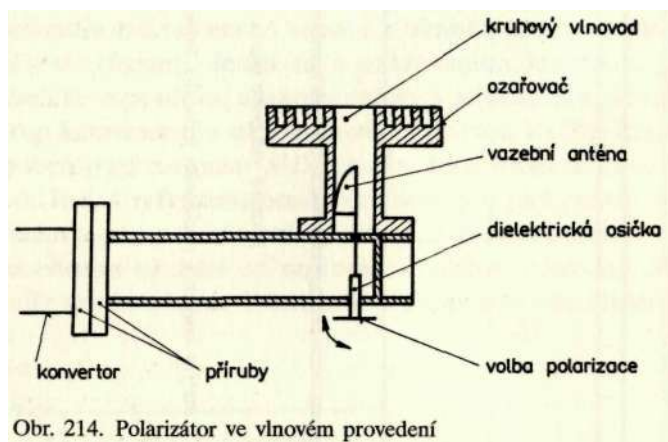


Obr. 212. Závislost požadovaného průměru antény na šumovém čísle konvertoru a na výkonu vyzařovaném družicí



Obr. 213. Uložení konvertoru s malým šumem s natáčením jednotky servomechanismem

Vstupní jednotka musí být přizpůsobena i polarizačně. Přizpůsobení se děje patřičným natočením jednotky (či. 85). Z hlediska komfortu obsluhy je žádoucí dálkově ovládané natočení jednotky. Osvědčené uspořádání konvertoru s mechanickým natáčením celé jednotky je na obr. 213. Ozařovač je zde otočně upevněn mezi plastové segmenty, což zpravidla zaručí dostatečně robustní otočné uložení celé vnější jednotky ve válcovém pouzdře. Mezi ozařovač a konvertor je zařazena součástka s otvorem odpovídajícím vlnovodu R120, jejíž obvod je ozubený. Přenos síly od motorku je řešen tak, aby válcové pouzdro mělo minimální možný průměr, což je žádoucí z hlediska zastínění ústí reflektoru.



Obr. 214. Polarizátor ve vlnovém provedení

Elegantnější řešení polarizačního přizpůsobení je na obr. 214. Změna polarizace je realizována natáčením sondy v kruhovém vlnovodu. Jako akční člen se obvykle užívá elektromagnet a rohatka ovládající dielektrický nástavec sondy. Na rozdíl od mechanického natáčení celé vnější jednotky vyžaduje realizace polarizátoru zkušenosti a hlavně přístrojové vybavení pro práci s mikrovlnnou technikou.

84. PŘIJÍMAČ

Přijímač (tuner, vnitřní jednotka) přijímá signál, přicházející z konvertoru s malým šumem. Z širokopásmové směsi vybírá příslušný kanál a ten zpracovává až po odrazový a zvukový signál. Podobně jako televizor bývá vybaven pamětí pro předvolbu kanálů, kde kromě informa-

ce o kmitočtu předladěného kanálu může být u luxusnějších typů uložen i údaj o nastavení antény (polarizace a popřípadě i pozice družice).

Příjem je obvykle napájen mezifrekvenčním kabelem z konvertoru s malým šumem. Napájecí napětí se ustálilo na hodnotě 14 až 24 V a tento rozptyl hodnot respektují téměř všichni výrobci. Je tak možné volně kombinovat přijímač se vstupní jednotkou. Poněkud komplikovanější situace je ale u ovládacích signálů pro řízení polohy antény a polarizace.

Normalizovaná vysokofrekvenční šířka pásma je pro DRS 27 MHz a pro DPS 36 MHz. Teoreticky by přijímač měl mít odpovídající šířku pásma. Zpracovává-li přijímač větší šířku pásma, než vyžaduje přijímaný signál, zhoršuje se zbytečně poměr signál/šum detektorovaného signálu. Je-li naopak vysokofrekvenční šířka pásma přijímače menší, je detektovaný signál zkreslený (zkreslení je kritické zejména pro normu NTSC, normy PAL a SECAM jsou i v tomto ohledu odolnější). V praxi je situace dále komplikována různou hloubkou zdvihu modulace, používanou při vysílání DPS. Obvyklá vysokofrekvenční šířka pásma komerčních přijímačů DPS nepřekračuje 34 MHz, což je plně vyhovující. Navíc je řada přijímačů vybavena přepínačem, umožňujícím volbu jedné ze dvou možných šířek pásma, takže je možné poměry na detektoru kmitočtové modulace do jisté míry přizpůsobit přijímanému signálu.

Zvukové doprovody jsou v signálu družicové televize přenášeny na pomocných nosných kmitočtech. Jejich poloha není u DPS normalizována, takže přijímače zpravidla umožňují nastavení kmitočtu pomocné nosné. Luxusnější typy uchovávají údaje o nastavení v paměti předvolby.

Kabel, spojující přijímač s konvertorem s malým šumem, musí mít přiměřené vysokofrekvenční vlastnosti. Měrný útlum kvalitního kabelu se pohybuje kolem 30 dB/100 m. Vzhledem k tomu, že systém konvertor — přijímač má dynamický rozsah mezifrekvenční úrovně 20 až 30 dB, je při menší délce svodu použitelný i koaxiální kabel, běžný v anténní technice. Typy konektorů, jimiž je vybaven konvertor s malým šumem a přijímač, jsou rozmanité, nejčastěji se vyskytují konektory typu F, pak N a řidčeji BNC.

85. ROZVOD SIGNÁLŮ DRUŽICOVÉ TELEVIZE

Amplitudově modulovaný signál z výstupu přijímače je možné dále rozvádět rozvodem stejně, jako signály pozemní televizní sítě. V rozvodu je ale přenášén pouze kanál naladěný na přijímači, což je neuspokojivé. Přijímače určené pro napájení televizních kabelových rozvodů, sadou

laditelných jednotek analogických modulů společných televizních antén, nejsou běžně dostupné. Osvědčeným kompromisem je rozvod mezifrekvenčního signálu k několika přijímačům. Překlenutelný útlum 30 dB umožňuje zásobit dostatečným signálem asi čtyři přijímače. Omezení na jednu společnou polarizaci není v takovém rozvodu příliš závažné.

85. PERSPEKTIVY DRUŽICOVÉ TELEVIZE

Vývoj družicové televize je v druhé polovině osmdesátých let nesmírně dynamický. Takový lze předpokládat i v letech devadesátých. Ze současného pohledu se rysují dva významné cíle — televize s velkým rozlišením (HDTV) a digitalizace přenosového řetězce.

Televize s velkým rozlišením (HDTV) je nekompromisním způsobem distribuce velmi kvalitního obrazového signálu. Systém HDTV s 1 125 řádky a snímkovým kmitočtem 60 Hz prokazuje kvalitativní parametry, které v řadě ohledů předčí parametry 35milimetrového filmu. Požadavky na šířku pásma při přenosu signálu HDTV jsou ale značné. Distribuce takového signálu přichází v úvahu až v pásmu kmitočtů 20 GHz a vyšších. Při použití metod komprese signálu lze i signál HDTV přenášet dnes standardním družicovým kanálem, ale znamená to již kompromis, vedle něhož stojí i jiné metody přenosu televizního signálu s vyšší kvalitou (např. ED — MAC). Družicový přenos bude dominantní formou distribuce nových forem televizního signálu.

Digitalizace signálů přenášených družicemi zásadním způsobem ovlivní přijímací techniku. Číslicové modulační metody obecně umožní zmenšení poměru signál/šum na vstupu demodulátoru, což povede mimo jiné ke zmenšování rozměrů přijímacích antén. Přenos obrazového signálu v číslicové formě až k uživateli je zatím nereálný, v oblasti rozhlasu (přenos zvukových pořadů) je již obvyklé přenášet v jednom družicovém kanálu až 16 stereofonních signálů v kvalitě kompaktní desky. Pro družicový rozhlas je perspektivní pásmo kolem 1,5 GHz, ve kterém je možné provozovat družicové přijímače v automobilu.

Při stavbě antény a rozvodu televizního signálu je třeba zajistit zejména bezpečnost mechanické konstrukce antény, ochranu před účinky atmosférické elektřiny a ochranu před dotykem nebezpečného napětí. Anténa svou činností nesmí rušit příjem rozhlasu a televize v okolí i v bezprostředním sousedství.

Pro ochranu před účinky atmosférické elektřiny musí být anténa vždy uzemněna. Platí to i pro antény umístěné v půdním prostoru. Zemnicí vodiče musejí mít patřičný průměr, nejméně 8 mm (ocelový pozinkovaný drát) nebo 3 X 20 mm (ocelový pozinkovaný pásek). Zemnicí vodič musí být k anténnímu stožáru připevněn v nejnižší části.

Ochranu před přímým úderem blesku ani před atmosférickým přepětím nemusejí mít pouze antény, které jsou

- a) alespoň 3 m pod okapem střechy, nevyčnívají více než 1,8 m od stěny a jsou od svodu hromosvodu vzdáleny nejméně 2 m,
- b) umístěny uvnitř budovy a vzdáleny nejméně 2 m od sítě hromosvodu,
- c) vestavěny do přijímače.

Další hlavní zásady pro stavbu antén

Vzdálenost mezi anténou a vodiči nízkého napětí nesmí být menší než 3 m. Anténa nebo její části se nesmějí křížovat s telekomunikačními vedeními. Není-li vyhnutí, je třeba dodržet vzdálenost nejméně 3 m.

Pro připevnění antén se nesmějí používat jímací tyče hromosvodů, stojany a stožáry nadzemních sdělovacích nebo silnoproudých vedení a stromy.

Vedení anténního rozvodu nesmějí být vedena ve společné trubce, instalační krabici a rozvodové skříni se silovými nebo sdělovacími vedeními.

Při křížování se silovým vedením smí být nejmenší vzdálenost obou vedení 10 mm.

Při nutném souběhu vedení anténního rozvodu a silových vedení musejí být vedení od sebe vzdálena natolik, aby se zamezilo nepříznivým vlivům silového vedení na rozvod (např. oteplení). Pro jednotlivé druhy vedení stanoví norma minimální vzdálenosti.

87. SEZNAM NOREM ČSN PŘÍMO SOUVISEJÍCÍCH S MONTÁŽÍ A PROVOZEM ANTÉN

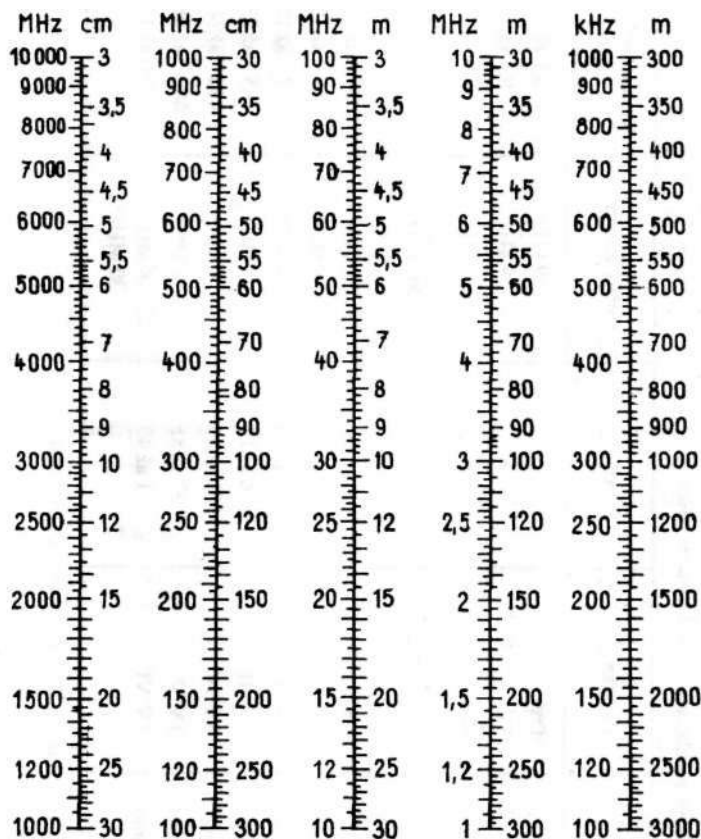
- ČSN 34 1010 Ochrana před nebezpečným dotykovým napětím
- ČSN 34 2820 Předpisy pro antény
- ČSN 34 2830 Předpisy pro společné přijímací televizní a rozhlasové antény a jejich rozvody
- ČSN 34 2850 Ochrana rádiového příjmu před rušením
- ČSN 34 2860 Odrušení elektrických strojů, přístrojů a zařízení
- ČSN 34 2865 Odrušení vysokofrekvenčních účelových zařízení
- ČSN 34 2875 Odrušení motorových vozidel a jiných zařízení se spalovacími motory
- ČSN 34 2876 Odrušení elektrického zařízení motorových vozidel
- ČSN 34 2880 Odrušení vedení vn a vvn
- ČSN 34 2888 Odrušení elektrické trakce
- ČSN 34 3800 Revize elektrických zařízení a bleskosvodů
- ČSN 34 3810 Směrnice pro vykonávání revizí elektrických zařízení a bleskosvodů
- ČSN 35 7610 Součástky pro bleskosvody a uzemňování
- ČSN 36 7210 Televizní přijímací antény

88. ZÁKON O TELEKOMUNIKACÍCH Z 18. 6. 1964, ČÁST 48, Č 110, §11, ČL5

Pro stavbu vnějších přijímacích rozhlasových a televizních antén, pokud jsou při ní dodrženy technické normy nebo jiné všeobecné technické předpisy a pokud anténa nekřížuje pozemní komunikace nebo vedení, není potřebné stavební povolení ani souhlas vlastníka (správce) nemovitostí, jestliže se anténa umístí na stejné nemovitosti, kde je rozhlasový nebo televizní přijímač. Vlastníka (správce) nemovitostí je třeba o zamýšlené stavbě antény včas vyrozumět. Individuální vnější antény není dovoleno zřizovat na objektech, kde už byla postavena společná anténa, vhodná pro požadovaný příjem. Stavební úřad při státním stavebním dozoru může nařídit přeložení nebo úpravu antén, které ohrožují stavební stav nemovitostí nebo bezpečnost okolí nebo které ruší jejich vzhled.

IX. TABULKY A DIAGRAMY

89. ROZDĚLENÍ ROZHLASOVÝCH A TELEVIZNÍCH PÁSEM A JEJICH KMITOČTY (tab. 32. až 36, obr. 215)



Obr. 215. Přepočet kmitočtu na délku vlny

Tabulka 32. Rozdělení rozhlasových a televizních pásem

Název	Zkratka	Kanál číslo	Šířka kanálu	Kmitočtový rozsah (MHz)	Vlnový rozsah
Dlouhé vlny	DV	—	9 kHz	0,1 až 0,3	3 až 1 km
Střední vlny	SV	—	9 kHz	0,5 až 0,6	600 až 187 m
Krátké vlny	KV	—	9 kHz	5,5 až 26	54,5 až 11,5 m
OIRT VKV – FM rozhlas	VKV – FM I	—	200 kHz	65 až 72	4,6 až 4,15 m
CCIR VKV – FM rozhlas	VKV – FM II	—*)	100 kHz	87,5 až 108	3,43 až 2,78 m
I. televizní pásmo	TV I	1 až 2	8 MHz	48,5 až 66	6,20 až 4,55 m
II. televizní pásmo	TV II	3 až 5	8 MHz	77 až 100	3,90 až 3,00 m
III. televizní pásmo	TV III	6 až 12	8 MHz	185 až 230	1,72 až 1,30 m
IV. televizní pásmo	TV IV	21 až 37	8 MHz	470 až 606	64 až 49,5 m
V. televizní pásmo	TV V	37 až 81	8 MHz	606 až 960	49,5 až 31,2 cm
VI. televizní pásmo	TV VI	1 až 40	8 MHz 30 MHz**)	11 700 až 12 700	2,57 až 2,37 cm

*) Kanály se někdy očísloují od 87,5 MHz výše po 100 kHz

**) Pro přenos kmitočtovou modulací

Tabulka 33a. Kmitočty televizních signálů v I až III. pásmu podle normy OIRT

Pásmo	Kanál	Kmitočtový rozsah (MHz)	Nosný kmitočet (MHz)	
			obrazu	zvuku
I.	1	48,5 až 56,5	49,75	56,25
	2	58 až 66	59,25	65,75
II.	3	76 až 84	77,25	83,75
	4	84 až 92	85,25	91,75
III.	5	92 až 100	93,25	99,75
	6	174 až 182	175,25	181,75
	7	182 až 190	183,25	189,75
	8	190 až 198	191,25	197,75
	9	198 až 206	199,25	205,75
	10	206 až 214	207,25	213,75
	11	214 až 222	215,25	221,75
	12	222 až 230	223,25	229,75

Tabulka 33b. Kmitočty televizních signálů v I. a III. pásmu podle normy CCIR

Pásmo	Kanál	Kmitočtový rozsah (MHz)	Nosný kmitočet (MHz)	
			obrazu	zvuku
I.	2	47 až 54	48,25	53,75
	3	54 až 61	55,25	60,75
	4	61 až 68	62,25	67,75
III.	5	174 až 181	175,25	180,75
	6	181 až 188	182,25	187,75
	7	188 až 195	189,25	194,75
	8	195 až 202	196,25	201,75
	9	202 až 209	203,25	208,75
	10	209 až 216	210,25	215,75
	11	216 až 223	217,25	222,75
	12	223 až 230	224,25	229,75

Tabulka 34a. Kmitočty televizních signálů ve IV. pásmu pro normy OIRT a CCIR

Kanál	Kmitočtový rozsah (MHz)	Nosný kmitočet (MHz)		
		obrazu	zvuku	
			OIRT	CCIR
21	470 až 478	471,25	477,75	476,75
22	478 až 486	479,25	485,75	484,75
23	486 až 494	487,25	493,75	492,75
24	494 až 502	495,25	501,75	500,75
25	502 až 510	503,25	509,75	508,75
26	510 až 518	511,25	517,75	516,75
27	518 až 526	519,25	525,75	524,75
28	526 až 534	527,25	533,75	532,75
29	534 až 542	535,25	541,75	540,75
30	542 až 550	543,25	549,75	548,75
31	550 až 558	551,25	557,75	556,75
32	558 až 566	559,25	565,75	564,75
33	566 až 574	567,25	573,75	572,75
34	574 až 582	575,25	581,75	580,75
35	582 až 590	583,25	589,75	588,75
36	590 až 598	591,25	597,75	596,75
37	598 až 606	599,25	605,75	604,75

Tabulka 34b. Kmitočty televizních signálů v V. pásmu pro normy OIRT a CCIR

Kanál	Kmitočtový rozsah (MHz)	Nosný kmitočet (MHz)		
		obrazu	zvuku	
			OIRT	CCIR
38	606 až 614	607,25	613,75	612,75
39	614 až 622	615,25	621,75	620,75
40	622 až 630	623,25	629,75	628,75
41	630 až 638	631,25	637,75	636,75
42	638 až 646	639,25	645,75	664,75
43	646 až 654	647,25	653,75	652,75
44	654 až 662	655,25	661,75	660,75
45	662 až 670	663,25	669,75	668,75
46	670 až 678	671,25	677,75	676,75
47	678 až 686	679,25	685,75	684,75
48	686 až 694	687,25	693,75	692,75
49	694 až 702	695,25	701,75	700,75

Tabulka 34b. — Pokračování

Kanál	Kmitočtový rozsah (MHz)	Nosný kmitočet (MHz)		
		obrazu	zvuku	
			OIRT	CCIR
50	702 až 710	703,25	709,75	708,75
51	710 až 718	711,25	717,75	716,75
52	718 až 726	719,25	725,75	724,75
53	726 až 734	727,25	733,75	732,75
54	734 až 742	735,25	741,75	740,75
55	742 až 750	743,25	749,75	748,75
55	750 až 758	751,25	757,75	756,75
55	758 až 766	759,25	765,75	764,75
55	766 až 774	767,25	773,75	772,75
55	774 až 782	775,25	781,75	780,75
60	782 až 790	783,25	789,75	788,75

Dále v intervalech po 8 MHz, OIRT do kanálu č. 81, CCIR do kanálu č. 68

Tabulka 35. Kmitočty televizních kanálů v VI. pásmu

Kanál	Střední kmitočet (MHz)	Kanál	Střední kmitočet (MHz)
1	11 727,48	21	12 111,08
2	11 746,66	22	12 130,26
3	11 765,84	23	12 149,44
4	11 785,02	24	12 168,62
5	11 804,20	25	12 187,80
6	11 823,38	26	12 206,98
7	11 842,56	27	12 226,16
8	11 861,74	28	12 245,34
9	11 880,92	29	12 264,52
10	11 900,10	30	12 283,70
11	11 919,28	31	12 302,88
12	11 938,46	32	12 322,06
13	11 957,64	33	12 341,24
14	11 976,82	34	12 360,42
15	11 996,00	35	12 379,60
16	12 015,18	36	12 398,78
17	12 034,36	37	12 417,96
18	12 053,54	38	12 437,14
19	12 072,72	39	12 456,32
20	12 091,90	40	12 475,50

Tabulka 36. Základní síť československých vysílačů 1. a 2. televizního programu

Kraj	Název vysílače	Stanoviště	1. program			2. program		
			kanál	polarizace	výkon (kW)	kanál	polarizace	výkon (kW)
Praha - město Středočeský	Praha - město	Mahlerovy sady	37	H	20	51	H	20
	Praha - město	Petřín	7	H	2,5	24	H	15
	Praha	Cukrák	1	H	30	26	H	50
Jihočeský	Č. Budějovice	Kleť	2	H	10	39	H	20
	Vimperk	Mařský vrch	—	—	—	32	H	5
Západočeský	Pízeň - město	Krkavec	—	—	—	34	H	5
	Pízeň	Krašov	10	H	10	31	H	20
	Cheb	Zelená hora	26	H	5	36	H	5
	Jáchymov	Klínovec	7	H	0,3	38	H	5
	Domažlice	Vraní vrch	24	H	5	12	H	0,2
	Klatovy	Barák	6	H	0,3	22	H	5
	Sušice	Svatobor	9	H	0,1	35	H	5
Severočeský	Ústí n. L.	Buková hora	12	V/H	10	33	H	20
	Liberec	Ještěd	8	V	2,5	31	V/H	5
Východočeský	Hradec Králové	Krásné	6	H	10	22	H	20
	Trutnov	Černá hora	11	V	0,2	23	H	20
	Rychnov n. K.	Litický chlum	—	—	—	28	H	5

Tabulka 36. Pokračování

Kraj	Název vysílače	Stanoviště	1. program			2. program		
			kanál	polarizace	výkon (kW)	kanál	polarizace	výkon (kW)
Jihomoravský	Brno - město	Barvičova	—	—	—	35	H	2
	Brno	Kojál	9	H	20	29	H	20
	Jihlava	Javořice	11	H	2,5	—	—	—
	Třebíč	Klučovská hora	—	—	—	28	H	10
	Gottwaldov	Trutná hora	41	H	2	22	H	5
	Uherský Brod	Velká Javorina	21	H	0,8	—	—	—
	Mikulov	Děvín	—	—	—	26	H	10
Severomoravský	Ostrava	Hošťálkovice	1	H	10	31	H	20
	Jeseník	Poprad	4	H	2	36	H	20
	Olomouc	Radkov	—	—	—	33	H	2
	Nový Jičín	Veselský kopec	—	—	—	34	H	5
	Val. Meziříčí	Radhošť	6	V	0,2	—	—	—
	Frýdek-Místek	Lysá hora	—	—	—	37	H	20
Západoslovenský	Bratislava	Kamzík	2	H	10	27	H	20
	Bratislava	Kamzík	31	H	0,5	—	—	—
	Nové město n. V.	Velká Javorina	12	V	0,3	39	H	20
	Trenčín	Nad Oborou	10	V	1	23	H	5
	Štúrovo	Modrý vrch	9	H	0,2	31	H	1
	Borský Mikuláš	Dubník	—	—	—	34	H	5

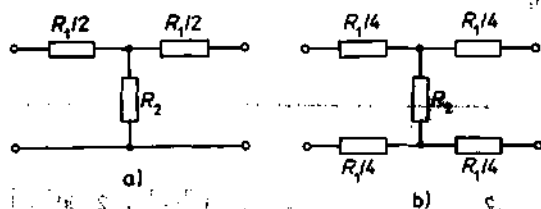
Tabulka 36. Pokračování

Kraj	Název vysílače	Stanoviště	1. program			2. program		
			kanál	polarizace	výkon (kW)	kanál	polarizace	výkon (kW)
Středomoravský	B. Bystrica Žilina Ružomberok Námestovo Lučenec Modrý Kameň	Suchá hora Křížava Úložisko Magurka Blatný vrch Španf laz	7	H	10	32	H	20
			11	V	5	35	H	20
			9	H	0,6	27	H	2
			4	H	0,4	29	H	5
			—	—	—	33	H	5
			—	—	—	21	H	5
Východoslovenský	Košice - město Košice Poprad Bardějov Rožňava Stará Ľubovňa	Šibená hora Dubník Kráľova hofa Magura Dievča skala Kolník	—	—	—	21	H	0,2
			6	H	10	25	H	33
			5	V	10	30	H	20
			4	H	0,6	37	H	5
			—	—	—	22	H	10
			—	—	—	27	H	5

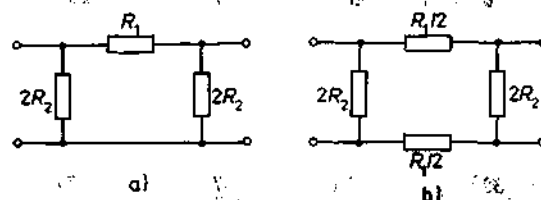
90. ODPOROVÉ ÚTLUMOVÉ ČLÁNKY TVARU T (obr. 216)
A TVARU II (obr. 217)

Útlumové články s hodnotami odporů, vypočítanými z tab. 40, je možné vřadit do vf vedení; jejich impedance je přizpůsobena vlnové impedanci vedení. Pro článek T platí

$$R_1 = 2 Z_c \quad R_2 = \frac{Z}{d}$$



Obr. 216. Odporový
útlumový článek T
a) symetrický,
b) nesymetrický



Obr. 217. Odporový
útlumový článek T
a) symetrický
b) nesymetrický

Tabulka 37. Hodnoty činitelů c , d pro různé útlumy článků T a II

Útlum (dB)	Činitel		Útlum (dB)	Činitel		Útlum (dB)	Činitel	
	c	d		c	d		c	d
0,1	0,03	0,06	8	0,43	1,05	16	0,72	2,95
1	0,06	0,11	9	0,48	1,23	17	0,75	3,27
2	0,11	0,23	10	0,51	1,42	18	0,77	3,63
3	0,17	0,36	11	0,56	1,62	19	0,80	4,46
4	0,23	0,48	12	0,60	1,86	20	0,82	4,94
5	0,28	0,61	13	0,63	2,11	26	0,90	10,00
6	0,33	0,75	14	0,66	3,38	30	0,93	15,00
7	0,38	0,89	15	0,70	2,65			

pro článek Π platí

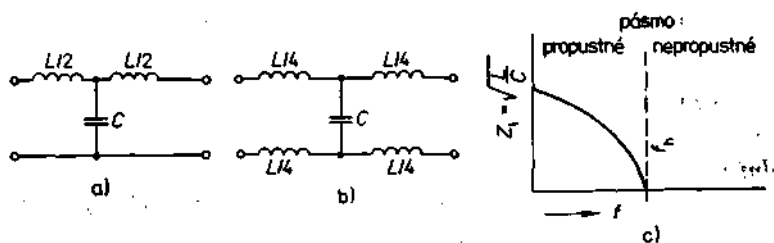
$$R_1 = Z d \quad R_2 = \frac{Z}{2c}$$

Použitelné rezistory je třeba vybírat na základě měření. Vždy je lepší nedodržet zadanou hodnotu útlumu, než se odchýlit od jmenovité impedance.

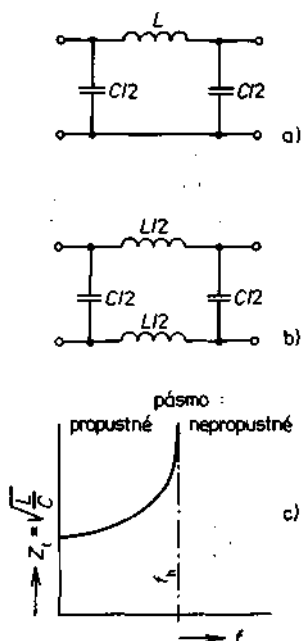
Tabulka 38. Vypočtené odpory útlumových článků T a Π pro $Z = 75 \Omega$

Útlum (dB)	Článek T		Článek Π	
	$R_1/2 (\Omega)$	$R_2 (\Omega)$	$R_1 (\Omega)$	$2R_2 (\Omega)$
0	2	1 250	4	2 500
1	4	682	8	1 250
2	8	326	17	682
3	13	208	27	441
4	17	156	36	326
5	21	123	46	268
6	25	100	56	227
7	28	84	67	197
8	32	71	79	174
9	36	61	92	156
10	38	53	106	147
11	42	46	121	134
12	45	40	139	125
13	47	36	158	119
14	49	32	178	114
15	52	28	199	107
16	54	25	221	104
17	56	23	245	100
18	58	21	272	97
19	60	17	334	94
20	62	15	370	91
26	68	8	750	83
30	70	7	825	81

V článku 42 jsme popsali slučování signálů pomocí propustí LC . Základní princip spočívá v tom, že v propustném pásmu je vstupní impedance propusti shodná s vlnou impedancí vedení Z_0 , v nepropustném pásmu je podle typu propusti vstupní impedance buď nulová, nebo nekonečná. V praxi se kmitočet v propustném pásmu volí tak, aby

Obr. 218. Dolní propust LC tvaru T

a) symetrická, b) nesymetrická, c) průběh impedance

Obr. 219. Dolní propust LC tvaru Π

a) symetrická, b) nesymetrická, c) průběh impedance

impedance byla $Z_0 \approx 1,25 Z_1$ nebo $Z_0 \approx 0,8 Z_1$. Symbol Z_1 označuje hodnotu, k níž se impedance blíží na kraji pásma. U popsaných propustí platí

$$Z_1 = \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Hraniční kmitočet zde lze definovat jako rezonanční pro $L/2$ a $C/2$, tedy

$$f_h = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{LC}}$$

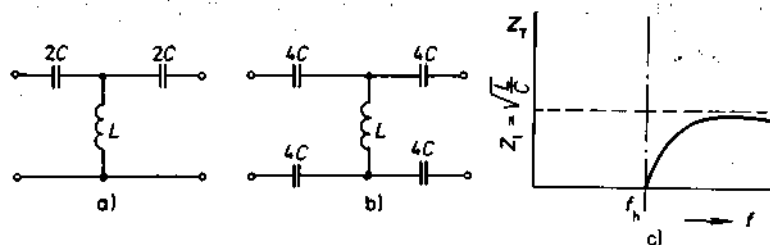
a) *Dolní propust tvaru T* (obr. 218) a *tvaru Π* (obr. 219)
Pro hodnoty L a C platí

$$L = \frac{2Z_1}{2\pi f_h} \quad (\text{H; } \Omega, \text{ Hz})$$

$$C = \frac{2}{2\pi f_h Z_1} \quad (\text{F; Hz, } \Omega)$$

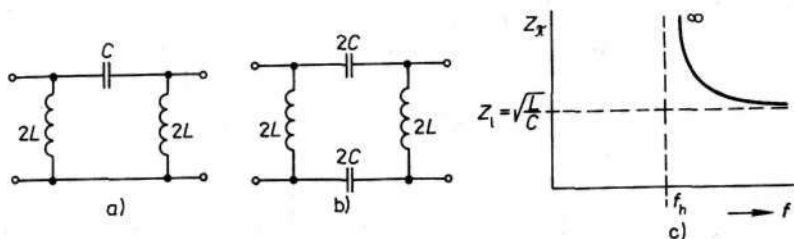
Pro články T platí $Z_1 \approx 1,25 Z_0$ a pro články Π platí

$$Z_1 \approx \frac{1}{1,25} Z_0 = 0,8 Z_0$$



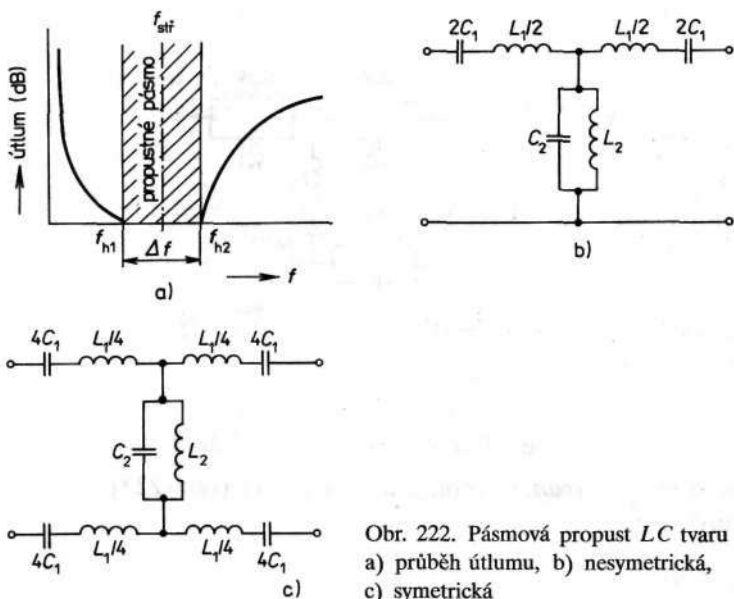
Obr. 220. Horní propust LC tvaru T

a) symetrická, b) nesymetrická, c) průběh impedance



Obr. 221. Horní propust LC tvaru Π

a) symetrická, b) nesymetrická, c) průběh impedance



Obr. 222. Pásmová propust LC tvaru T

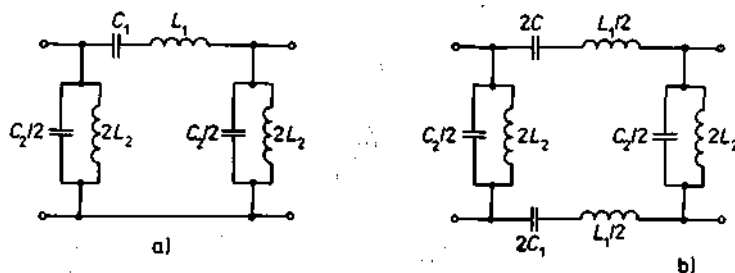
a) průběh útlumu, b) nesymetrická,
c) symetrická

b) Horní propust tvaru T (obr. 220) a tvaru Π (obr. 221)
Pro hodnoty L a C platí

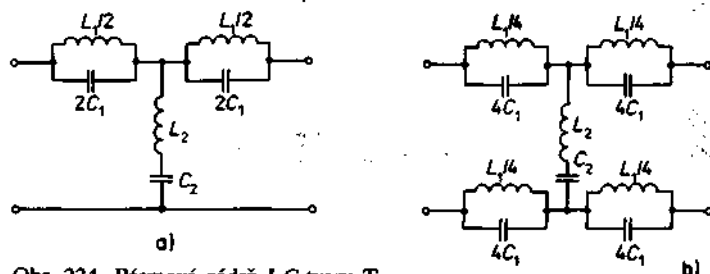
$$L = \frac{2Z_1}{4\pi f_h} \quad (\text{H; } \Omega, \text{ Hz})$$

$$C = \frac{1}{4\pi f_h Z_1} \quad (\text{F; Hz, } \Omega)$$

Platí $Z_1 \approx 1,25 Z_0$ pro články T a $Z_1 \approx 0,8 Z_0$ pro články Π .



Obr. 223. Pásmová propust LC tvaru Π
a) nesymetrická, b) symetrická



Obr. 224. Pásmová zadrž LC tvaru T
a) nesymetrická, b) symetrická

Platí $Z_1 \approx 1,25 Z_0$ pro články T a $Z_1 \approx 0,8 Z_0$ pro články Π .

c) *Pásmová propust tvaru T (obr. 222) a tvaru Π (obr. 223)*
Střední kmitočet je

$$f_{\text{stř}} = \sqrt{f_{b1} f_{b2}}$$

Šířka pásma

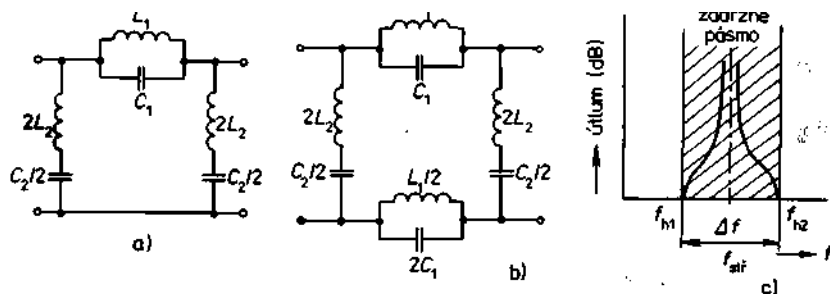
$$\Delta f = f_{b1} - f_{b2}$$

Analogicky limitní impedanci se volí střední impedance $Z_{\text{stř}} \approx 1,25 Z_0$ pro články T , $Z_{\text{stř}} \approx 0,8 Z_0$ pro články Π .

Platí

$$L_1 = \frac{2Z_{\text{stř}}}{2\pi\Delta f} \quad C = \frac{1}{2\pi f_{\text{stř}} L_1}$$

$$C_2 = \frac{2}{2\pi\Delta f Z_{\text{stř}}} \quad L_2 = \frac{1}{2\pi f_{\text{stř}} C_2}$$



Obr. 225. Pásmová zadrž LC tvaru Π
a) nesymetrická, b) symetrická, c) průběh útlumu

d) Pásmová zadrž tvaru T (obr. 224) a tvaru Π (obr. 225)
Stejně jako u pásmové propusti platí

$$f_{stf} = \sqrt{f_{h1} f_{h2}} \quad \Delta f = f_{h1} - f_{h2}$$

Pro článek T je $Z_1 \approx 1,25 Z_0$ a pro článek Π je $Z_1 \approx 0,8 Z_0$.
Pro hodnoty L a C platí

$$C = \frac{1}{4\pi\Delta f Z_1} \quad L_1 = \frac{1}{(2\pi f_{stf})^2 C_1}$$

$$L_2 = \frac{Z_1}{4\pi\Delta f} \quad C_2 = \frac{1}{(2\pi f_{stf})^2 L_2}$$

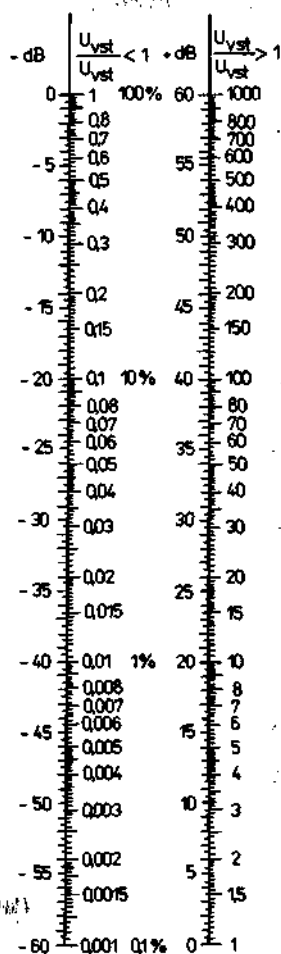
92. NÁSOBKY MĚRNÝCH JEDNOTEK (tab. 39)

Tabulka 39. Násobky měrných jednotek

Předpona	Značka	Znamená jednotek	Číselně
tera	T	10^{-18}	1 000 000 000 000
giga	G	10^9	1 000 000 000
mega	M	10^6	1 000 000
kilo	k	10^3	1 000
milí	m	10^{-3}	0,001
mikro	μ	10^{-6}	0,000 001
nano	n	10^{-9}	0,000 000 001
piko	p	10^{-12}	0,000 000 000 001
femto	f	10^{-15}	
atto	a	10^{-18}	

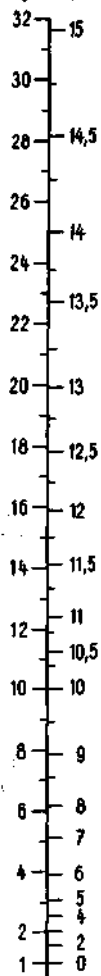
Ve zvláštních případech lze použít i tyto další předpony a značky:

hekto	h	10^2
deka	da	10^1
deci	d	10^{-1}
centi	c	10^{-2}



Obr. 226. Přepočet poměru napětí na decibely

$F(kT_0)$ $a_f(\text{dB})$



Obr. 227. Převod šumového čísla na míru šumu

93. PŘEVOD POMĚRŮ NAPĚTÍ NA DECIBELY

Na obr. 226 je graf pro přepočet poměru napětí na decibely. POZOR! Pro převod poměru výkonů je třeba údaj v decibelech dělit dvěma.

94. PŘEVOD ŠUMOVÉHO ČÍSLA NA MÍRU ŠUMU (obr. 227)
95. VLNOVÁ IMPEDANCE SYMETRICKÉHO VEDENÍ (obr. 228)
96. VSTUPNÍ IMPEDANCE SYMETRICKÉHO DIPÓLU (obr. 229)

$$\mathbf{Z} = R + jX$$

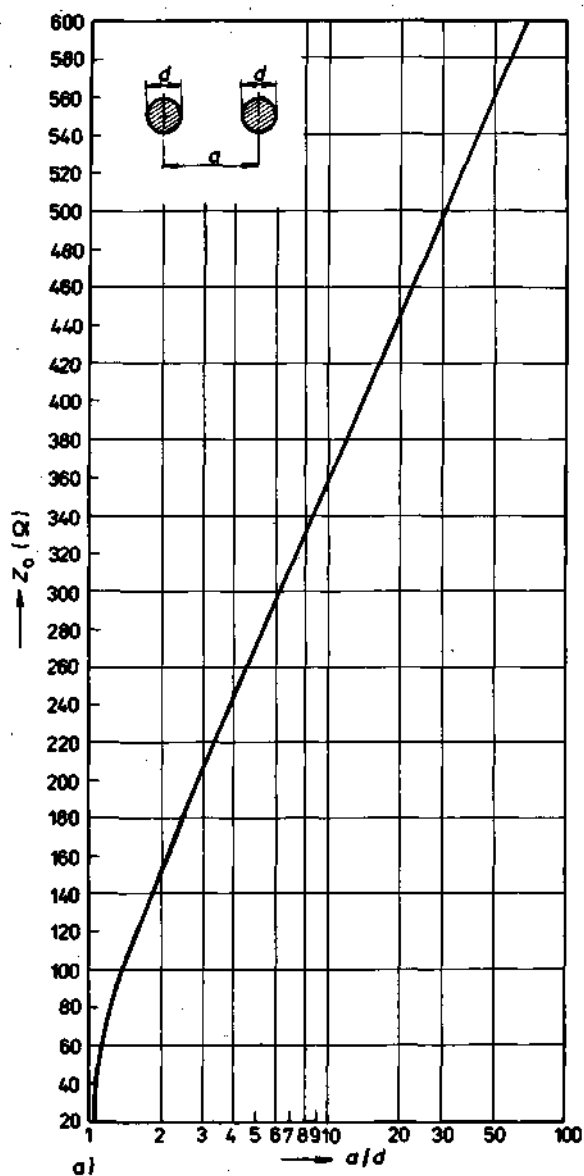
97. PŘÍPUSTNÉ ÚROVNĚ ODRAŽENÝCH SIGNÁLŮ

Na obr. 230 je křivkou vymezena hranice, kdy odražený signál začíná působit rušivě.

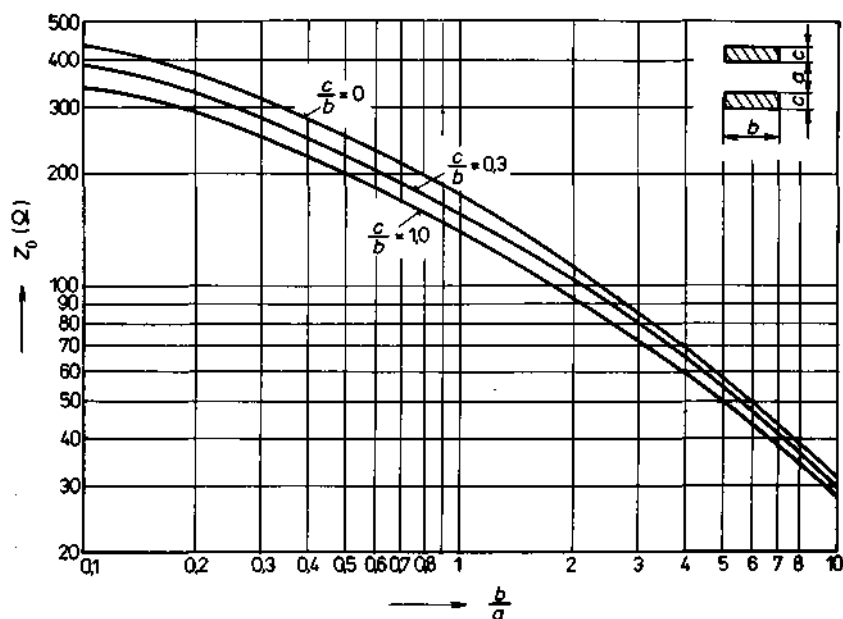
98. NAPĚTÍ NA SVORKÁCH PŮVLNNÉHO DIPÓLU V ZÁVISLOSTI NA INTENZITĚ ELEKTROMAGNETICKÉHO POLE (obr. 231)

Tabulka 40. Útlumy typických součástí anténních rozvodů

Součást	Označení	Útlum			Činitel stojatého vlnění
		průchozí	oddělovací	vazební	
Rozbočovač	PBC 21	4,2	22	—	1,3
Odbočovač dvojité	PAC 11	2,0	—	13	1,35
	PAC 15	1,5	—	16	1,35
	PAC 20	1,2	—	21	1,35
	PAC 30	0,7	—	31	1,35
	PAD 11	2,5	—	13	1,7
Účastnická zásuvka	PZK 11	1,5	24	14	1,35
	PZK 01	—	24	14	1,35
Symetrizační člen		0,5 (6,5)	—	—	—
Souosý kabel	VCEUY 74—3,7	14 dB/100 m			



Obr. 228. Vlnová impedance symetrického vedení
a) kruhový průřez vodičů



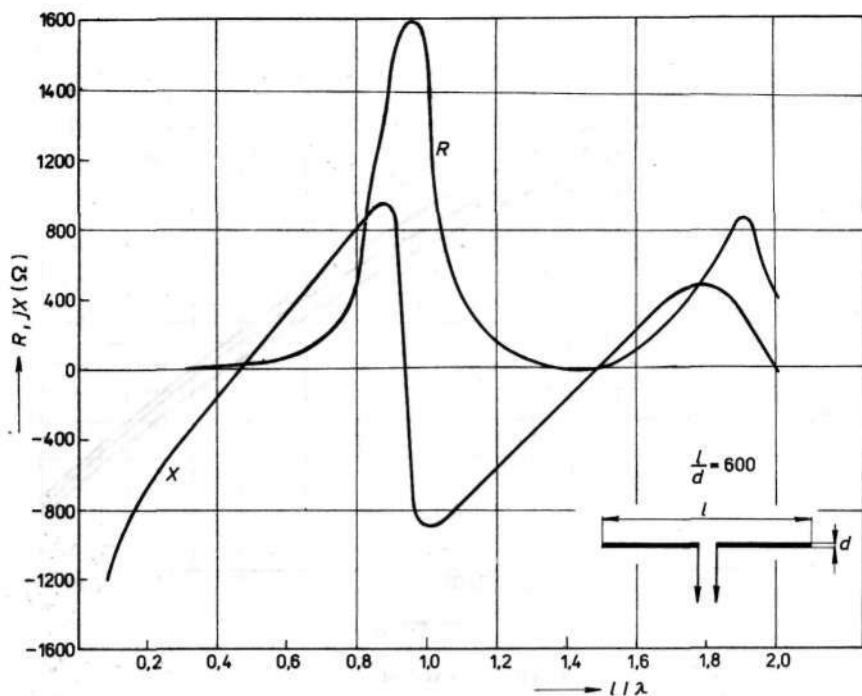
Obr. 228. Vlnová impedance symetrického vedení
b) obdélníkový průřez vodičů

99. ÚTLUMY TYPICKÝCH SOUČASTÍ ANTÉNNÍCH ROZVODŮ (tab. 40)

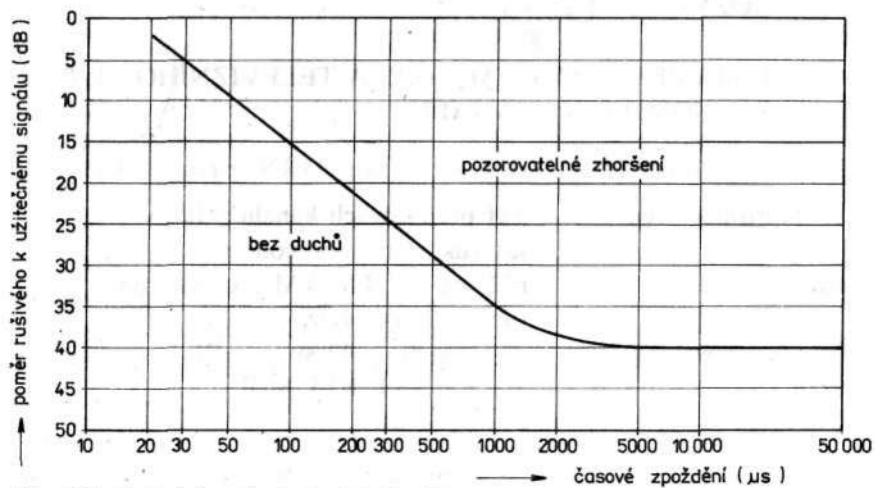
100. PARAMETRY SYSTÉMŮ DRS A TELEVIZNÍHO PŘENOSOVÉHO KANÁLU

Základní charakteristiky systému DRS pro ČSFR

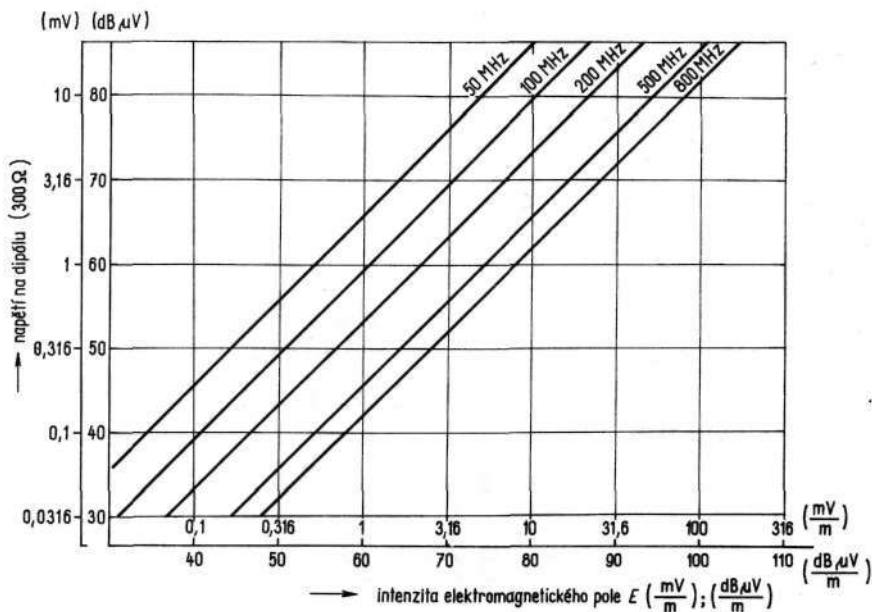
Charakteristika přenosu	5 vř přenosových kanálů pro TV se zvukovým doprovodem
Modulace	FM pro TV, FM/FM pro zvuk na subnosné 6,5 MHz
Šířka přenosového pásma	27 MHz při poklesu -3 dB
Svazky	K3, K7, K11, K15, K19
C/N _{99 %} , C/N _{99,9 %}	14 dB, 10 dB
Pozice družice	1° W
Stabilizace družice	ve třech osách s přesností ±0,1°



Obr. 229. Závislost vstupní impedance dipólu na jeho délce



Obr. 230. Rušivé úrovně odražených signálů



Obr. 231. Vztah mezi intenzitou elektrického pole a napětím na svorkách půlvlnného dipólu

EIRP	63,8 až 64 dBW/kanál
Vysílací svazek	1,5° × 0,6° se ziskem 44,9 dB
Polarizace	kruhová, levotočivá

Činitel jakosti standardního skupinového přijímače je 14 dB/K.
 Činitel jakosti standardního individuálního přijímače je 6 dB/K.

101. URČENÍ ORIENTACE POLÁRNÍ MONTÁŽE

Tabulka 41 umožňuje zjistit absolutní orientaci polární montáže družicové antény na základě zamíření tří družic. Hodnoty uvedené v tabulce byly určeny pro družice Intelsat E (60E), ECS 2 — F1 (13E) a Intelsat W (27,5 W), zeměpisná poloha antény je 14E 30, 50 N 05 (Praha). Údaje jsou vztaženy k družici Intelsat E a tabelovány jsou parametry polární montáže pro korekce deklinačního úhlu v rozsahu $\pm 5^\circ$.

Tabulka 41. Určení orientace polární montáže ze zamíření tří družic
Družice Intelsat E (+60) – zamířena přesně

ECS 1 – F2 (+13) } zamířeny po korekci
Intelsat W (-27,5) } deklinačního úhlu

ECS I	Intelsat W	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
-5	azimut	5,9	4,8	3,5	2,1	0,5	-1,2	-3,2	-5,5	-8,1	-11,2	-14,9
	elevace	57,9	59,6	61,3	63,0	64,7	66,2	67,8	69,4	70,9	72,4	73,9
	deklinační	4,3	2,6	1,0	-0,7	-2,3	-3,8	-5,4	-7,1	-8,6	-10,2	-11,9
-4	azimut	5,6	4,6	3,4	2,1	0,7	-0,9	-2,6	-4,6	-6,9	-9,5	-12,2
	elevace	58,8	56,4	58,2	59,9	61,5	63,2	64,7	66,4	68,0	69,6	70,8
	deklinační	6,3	4,8	3,1	1,4	-0,1	-1,8	-3,3	-5,0	-6,7	-8,3	-9,7
-3	azimut	5,4	4,4	3,3	2,1	0,8	-0,6	-2,1	-3,9	-5,8	-8,0	-10,6
	elevace	51,7	53,3	55,1	56,8	58,4	60,1	61,6	63,3	64,8	66,4	68,1
	deklinační	8,5	6,9	5,2	3,5	2,0	0,3	-1,2	-2,9	-4,5	-6,1	-7,9
-2	azimut	5,2	4,2	3,5	2,1	0,9	-0,4	-1,8	-3,3	-5,0	-6,9	-9,0
	elevace	48,6	50,3	52,0	53,7	55,4	57,0	58,6	60,2	61,7	63,3	64,8
	deklinační	10,6	8,9	7,3	5,6	4,0	2,4	0,8	-0,8	-2,4	-4,0	-5,6
-1	azimut	5,0	4,1	3,2	2,1	1,0	-0,0	-1,4	-2,8	-4,4	-6,1	-8,0
	elevace	45,6	47,3	48,8	50,6	52,3	53,7	55,4	57,0	58,7	60,3	61,9
	deklinační	12,5	10,9	9,5	7,7	6,1	4,7	3,0	1,4	-0,3	-2,0	-3,6
0	azimut	4,9	4,0	3,1	2,1	1,1	0,0	-1,2	-2,5	-3,8	-5,4	-7,0
	elevace	42,6	44,3	45,9	47,6	49,2	50,8	52,4	54,1	55,8	57,2	58,7
	deklinační	14,6	12,9	11,4	9,7	8,2	6,6	5,0	3,3	1,9	0,1	-1,4
1	azimut	4,7	3,9	3,1	2,1	1,2	0,1	-0,9	-2,1	-3,4	-4,8	-6,3
	elevace	39,7	41,3	42,8	44,6	46,1	47,8	49,2	50,9	52,5	54,1	55,7
	deklinační	16,4	14,9	13,4	11,7	10,2	8,6	7,2	5,5	3,9	2,2	0,6

Tabulka 41. Pokračování

ECS 1	Intelsat W	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
2	azimut elevace deklinace	4,6	3,9	3,0	2,2	1,2	0,2	-0,7	-1,8	-3,0	-4,3	-5,6
		36,9	38,3	40,0	41,5	43,2	44,9	46,2	47,8	49,4	51,1	52,5
		18,2	16,9	15,2	13,8	12,1	10,5	9,2	7,6	6,0	4,3	2,8
3	azimut elevace deklinace	4,5	3,8	3,0	2,2	1,3	0,4	-0,6	-1,6	-2,7	-3,9	-5,1
		34,1	35,5	37,1	38,6	40,2	41,8	43,4	44,9	46,5	48,1	49,5
		20,0	18,7	17,1	15,7	14,1	12,6	11,0	9,5	7,9	6,3	4,8
4	azimut elevace deklinace	4,5	3,7	3,0	2,2	1,3	0,5	-0,4	-1,4	-2,4	-3,5	-4,6
		31,2	32,9	34,3	35,8	37,5	38,9	40,4	42,0	43,5	45,0	46,4
		21,9	20,3	18,9	17,5	15,8	14,5	13,0	11,4	9,9	8,4	6,9
5	azimut elevace deklinace	4,4	3,7	3,0	2,2	1,4	0,6	-0,3	-1,2	-2,1	-3,2	-4,3
		28,6	30,1	31,5	33,1	34,6	36,0	37,6	39,0	40,4	42,1	43,7
		23,5	22,1	20,7	19,2	17,7	16,4	14,8	13,4	12,0	10,3	8,7

Postup nastavení polární montáže

1. Pomocí dostupných pomůcek (busola, vodováha) přibližně orientovat všechny prvky montáže.

2. Nastavením deklinačního úhlu zaměřit družici Intelsat E (60E).

3. Zaměřit družice ECS 2-F1 (13E) a Intelsat W (27,5 W) a v obou případech odečíst nutnou korekci deklinačního úhlu.

Údaje v tab. 41 udávají skutečné hodnoty azimutu a elevace polární osy a deklinačního úhlu. Na jejich základě je možné korigovat orientaci montáže, relativní změny nastavení jsou zpravidla dobře proveditelné.

Poznámka: Při nastavování polární montáže v místě s jinými souřadnicemi se vede použití tab. 41 k systematické chybě v určení orientace polární montáže, ale tato chyba je vlastně žádoucí korekcí orientace, vyžadovanou změnou stanoviště.

102. URČENÍ AZIMUTU A ELEVACE GEOSTACIONÁRNÍ DRUŽICE

Pozice geostacionární družice je jednoznačně určena zeměpisnou délkou místa na rovníku, nad nímž se nachází. Azimut a elevace zamíření antény na družici jsou dány těmito vztahy:

Azimut

$$\arcsin \left(\frac{\sin \lambda}{\sin \beta} \right) + 180^\circ$$

(směr na jih má azimut 180°)

Elevace

$$\arctg \left(\frac{\cos \beta - 0,151^\circ}{\sin \beta} \right)$$

kde $\lambda = \lambda_p - \lambda_d$ je relativní pozice družice

λ_d je pozice družice na geostacionární dráze

λ_p je zeměpisná délka místa pozemní stanice

φ je zeměpisná šířka místa pozemní stanice

$$\beta = \arccos (\cos \varphi \cos \lambda)$$

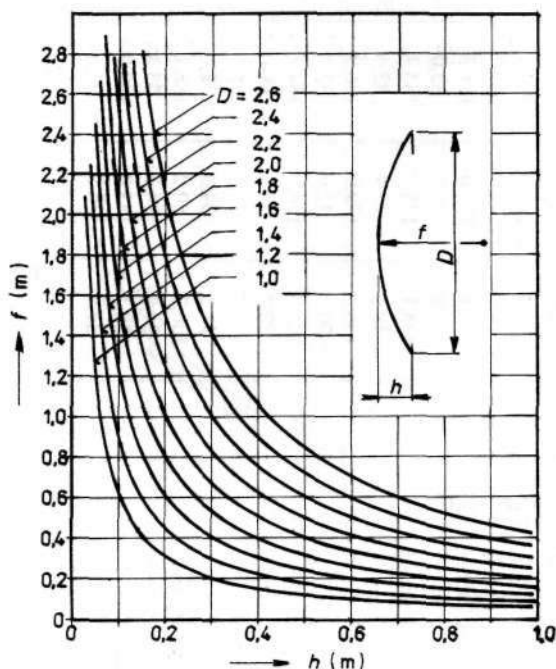
Při výpočtu poloměru geostacionární dráhy GSO pro střední Evropu se dosazuje za poloměr Země hodnota $R = 6\,366$ km. $GSO = 6,623\,5 \cdot R = 42\,165$ km
Pro vzdálenost družice platí

$$D = \sqrt{GSO^2 + R^2 - 2\,GSO\,R\,\cos\beta}$$

Na obr. 198 je znázorněn oblouk geostacionární dráhy viditelný z místa $\lambda = 14^\circ 30'$, $\varphi = 50^\circ 5'$ (Praha)

103. AZIMUTY A ELEVACE NĚKTERÝCH DRUŽIC

V tabulce 42 jsou uvedeny azimuty a elevace zamíření antén na některé družice pro krajská města ČSFR.



Obr. 232. Závislost poměru f/D na výšce antény

Tabulka 42. Azimuty a elevace některých družic

Družice	INT E	ASTRA	ECS 1	ECS 1	ECS 1	DRS	GOR 12	INT W
Pozice	60,0 E	19,0 E	13,0 E	10,0 E	7,0 E	1,0 W	14,0 W	27,5 W
Praha	134,2 18,5	174,1 32,4	181,9 32,6	185,8 32,4	189,7 32,2	199,4 30,7	213,1 26,6	223,6 20,4
České Budějovice	134,0	174,0	182,0	185,9	189,8	199,7	213,4	223,9
Plzeň	19,2 133,5	33,4 172,7	33,8 180,5	33,6 184,4	33,3 188,3	31,9 198,2	27,5 212,2	21,1 223,0
Ústí nad Labem	18,1 134,1	32,7 173,6	33,0 181,3	32,9 185,2	32,6 189,0	31,3 198,8	27,3 212,5	21,2 223,2
Hradec Králové	17,9 135,1	31,8 175,9	32,0 183,7	31,8 187,5	31,6 191,4	30,2 201,0	26,2 214,3	20,2 224,4
Ostrava	19,1 136,5	32,4 179,0	32,4 186,9	32,2 190,7	31,9 194,4	30,3 203,8	25,9 216,5	19,6 226,0
Brno	20,7 135,3	32,9 176,8	32,7 184,7	32,3 188,6	31,9 192,5	30,0 202,1	25,2 215,3	18,5 225,1
Bratislava	20,2 135,3	33,5 177,4	33,4 185,5	33,2 189,4	32,8 193,3	31,1 203,0	26,4 216,1	19,8 225,7
Banská Bystrica	21,2 136,7	34,8 180,2	34,6 188,1	34,4 192,0	33,9 195,8	32,1 205,1	27,2 217,6	20,3 226,7
Košice	21,9 138,2	34,1 183,0	33,8 190,9	33,4 194,7	32,9 198,4	30,8 207,4	25,7 219,3	18,7 227,8
	23,0	34,1	33,5	33,1	32,4	30,1	24,7	17,5

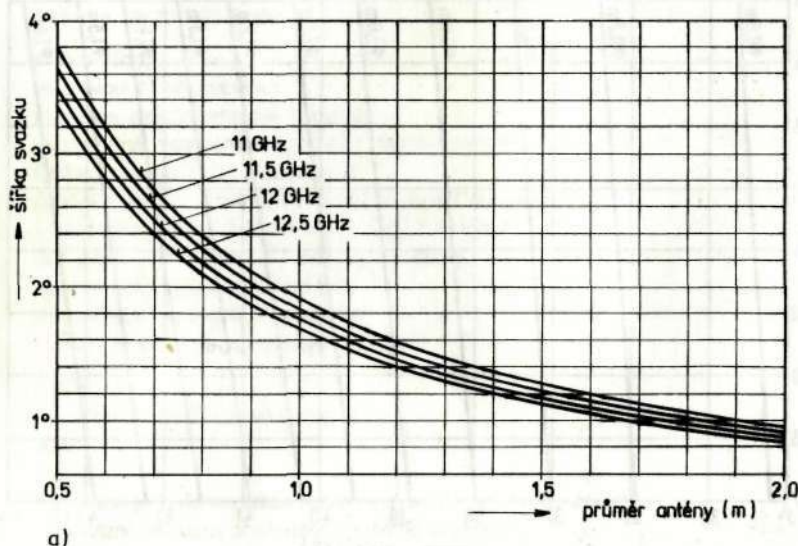
Tabulka 42. Pokračování

Město	Délka		Šířka	
Praha	14	28	50	05
České Budějovice	14	28	48	59
Plzeň	13	23	49	45
Ústí n. L.	14	02	50	40
Hradec Králové	15	50	50	13
Ostrava	18	16	49	50
Brno	16	35	49	13
Bratislava	17	04	48	05
Banská Bystrica	19	08	48	44
Košice	21	15	48	43

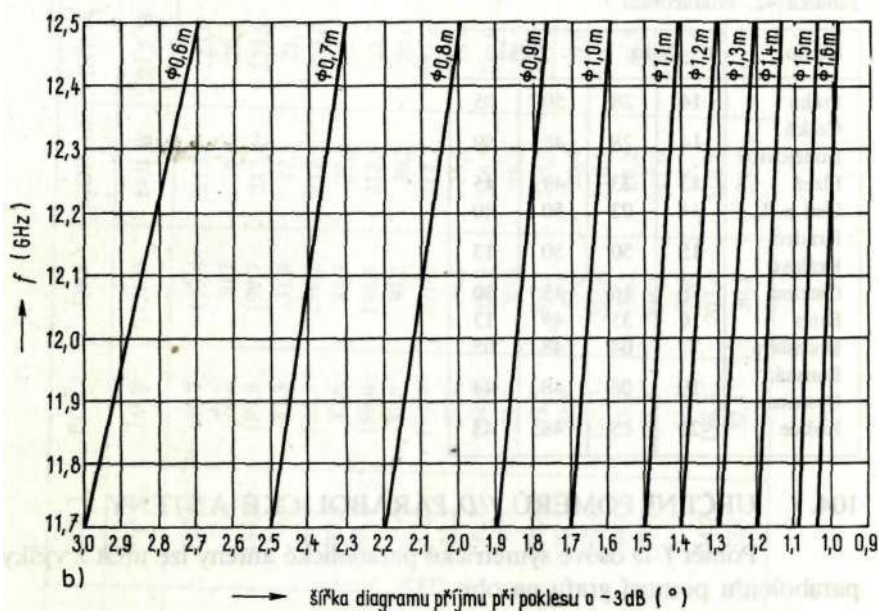
104. URČENÍ POMĚRŮ f/D PARABOLICKÉ ANTÉNY

Poměr f/D osově symetrické parabolické antény lze určit z výšky paraboloidu pomocí grafu na obr. 232.

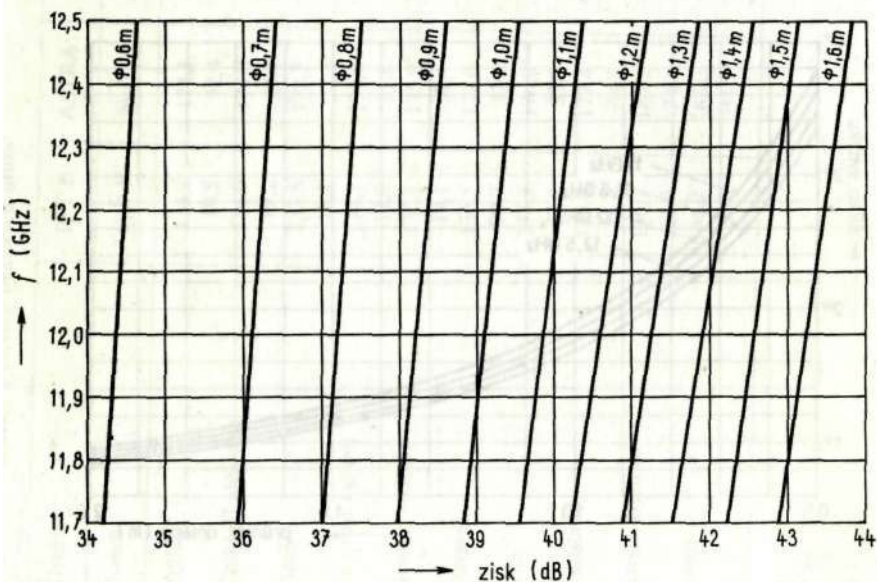
105. ŠÍŘKA DIAGRAMU A ZISK PARABOLICKÉ ANTÉNY (obr. 233, 234)



Obr. 233a. Závislost šířky svazku na průměru parabolické antény



Obr. 233b. Závislost šířky svazku na průměru parabolické antény



Obr. 234. Závislost zisku parabolické antény na jejím průměru

Antény pro příjem televize

Ing. Tomáš Český, CSc.

DT 621.396.67:621.397.6

Vydalo SNTL — Nakladatelství technické literatury, n. p.,

Spálená 51, 113 02 Praha 1

v roce 1991

jako svou 11189. publikaci

Redakce elektrotechnické literatury

Odpovědná redaktorka Ing. Marie Hauptvogelová

Obálku navrhla Soňa Valoušková

Grafická úprava a technická redakce Jana Doubětová

Vytiskla Polygrafia, Svobodova 1, 128 17 Praha 2

264 stran, 234 obrázků, 42 tabulek, 1 příloha

Typové číslo L26-E1-111-31 f/52917

Vydání třetí, upravené a doplněné

Náklad 25 000 výtisků. 16.03AA, 16,33VA

05/38

Cena brožovaného výtisku Kčs 38,—

505/21,826

Publikace je určena radioamatérům a širokému okruhu zájemců
o televizní přijímače a uživatelům těchto přijímačů.

04-504-91

Kčs 38,-